

UNIVERSITA' DEGLI STUDI DEL MOLISE



FACOLTA' DI SCIENZE MM. FF. NN. (PESCHE, ISERNIA)

DIPARTIMENTO DI BIOSCIENZE E TERRITORIO

*Habitat preferenziali e  
dinamica di popolazione  
di Testudo hermanni  
nelle aree costiere del Molise.*

---

*DOTTORATO DI RICERCA IN  
SCIENZE AGRO-FORESTALI, DELLE TECNOLOGIE AGRO-INDUSTRIALI E  
DEL TERRITORIO RURALE. I SISTEMI FORESTALI  
CICLO XXVII*

*COORDINATORE:*

*Chiar.mo Prof. Marco Marchetti*

*TUTOR: Chiar. ma Prof.ssa Angela  
Stanisci*

*COTUTOR: Chiar.ma Prof.ssa Anna Loy*

*CANDIDATA: Dott.ssa Fabiana Berardo*

*Matricola :146249*

*ANNO ACCADEMICO 2014- 2015*









**“Un censimento dovrebbe essere  
accompagnato da una valutazione critica  
dell’accuratezza e da un’esplicita illustrazione  
dei limiti e delle condizioni in cui è stato  
realizzato ” (Overton1969)**

## Sommario

Capitolo I– Introduzione .....	6
Obiettivi della ricerca .....	6
Il progetto LTER – Long Term Ecological Researches .....	6
Il progetto LIFE MAESTRALE .....	9
La testuggine di Herman <i>Testudo hermanni hermanni</i> (Gmelin,1789) .....	10
Sistematica .....	10
Distribuzione.....	12
Status .....	14
Morfologia .....	15
Apparato scheletrico .....	15
Riconoscimento specifico .....	16
Dimorfismo sessuale.....	16
Dimorfismo intraspecifico .....	17
Termoregolazione.....	18
Habitat .....	18
Ritmi di attività .....	20
Regime alimentare .....	21
Riproduzione e sviluppo .....	22
L’attività sessuale nelle testuggini di Hermann si protrae da marzo ad ottobre, ad eccezione del periodo di nidificazione (maggio e giugno), ed è più frequente nei mesi di agosto e settembre (Swingland.& Stubbs, 1985).....	22
Problematiche e limiti della stima delle popolazioni di <i>Testudo hermanni</i> . ....	24
Capitolo II – Materiali e Metodi.....	25
Area di studio.....	25
Studio pilota .....	29
Il modello d’idoneità ambientale per la Testuggine di Hermann.....	30
Flora - Caratterizzazione floristico vegetazionale dell’habitat prioritario 2250* “Dune costiere con <i>Juniperus spp</i> ” .....	32
Transetto di monitoraggio.....	38
Tempi.....	40
Radiotelemetria.....	42
Stima dell’home range.....	43
Capitolo III - Risultati e discussioni .....	48

Berardo F., Capula M., Stanisci A, Loy A. 2013. Selezione dell'habitat di Testudo hermanni in ecosistemi dunali della costa molisana . - Atti del II Congresso SHI Abruzzo-Molise "Testuggini e Tartarughe" Chieti, Museo Universitario "G. d'Annunzio" 27-29 Settembre 2013 .....	48
Berardo F., Carranza M.L, Frate L., Stanisci A., Loy A. Comptes Rendues Biologies 2015 (in press). Seasonal habitat preference by the flagship species Testudo hermanni: implications for the conservation of coastal dunes . <a href="http://dx.doi.org/10.1016/j.crv.2015.03.002">http://dx.doi.org/10.1016/j.crv.2015.03.002</a> .....	48
Dimensioni e densità della popolazione.....	50
Rapporto tra sessi.....	52
Classi e piramidi di età.....	53
Misure biometriche .....	58
Radiotelemetria.....	61
Variazioni mensili delle dimensioni degli home range .....	65
Capitolo IV – Conclusioni.....	67
Materiale supplementare.....	72
- Berardo F., Capula M., Carranza M.L., Anna Loy 2012. Identification via suitability model of potential nesting areas for the loggerhead turtle Caretta caretta along the Adriatic coast of Molise. NATURA RERUM - 1 (2012): 1-7 .....	72
- Berardo F., Carranza M.L.Ciccorelli G. , Del Vecchio S., Fusco S. , Iannotta F., Loy A., Roscioni F., Stanisci A. 2012. Un sit per la conservazione e gestione sostenibile delle dune costiere: il progetto life maestrale (LIFE 10NAT/IT/000262). Quarto Simposio Internazionale "Il monitoraggio costiero mediterraneo: problematiche e tecniche di misura".del Centro Nazionale delle Ricerche (Fondazione LEM, Livorno12-14 giugno 2012).....	72
- Ciccorelli G. CarranzaM.L., Stanisci A., Loy A., Marino D., De Lisio L., Berardo F. 2012. Sistema di Supporto decisionale per la conservazione della biodiversità minacciata nei sistemi agricoli. Il progetto DINAMO (Life NATIT00324). 16a Conferenza Nazionale ASITA, 2012. Fiera di Vicenza. Atti: 451- 459 ISBN 978-88-903132-7-1 .....	72
- Berardo F., Carranza M.L, Ciccorelli G., Del Vecchio S., Fusco S.,Loy A., Roscioni F., Stanisci A. 2012. Un SIT per la gestione, e la conservazione della biodiversità nelle dune costiere. Il caso di MAESTRALE (LIFE 10NAT/IT/000262) . 16a Conferenza Nazionale ASITA, 2012. Fiera di Vicenza. Atti: 203 – 209 ISBN 978-88-903132-7-1 .....	72
Bibliografia.....	73

#### Materiale supplementare

1. **Identification via suitability model of potential nesting areas for the loggerhead turtle Caretta caretta along the Adriatic coast of Molise** Berardo F., Capula M., Carranza M.L., Anna Loy. NATURA RERUM - 1 (2012): 1-7
2. **Un sit per la conservazione e gestione sostenibile delle dune costiere: il progetto life maestrale (LIFE 10NAT/IT/000262).** Berardo F., Carranza M.L.Ciccorelli G. , Del vecchio S., Fusco S. , Iannotta F., Loy A., Roscioni F., Stanisci A. Quarto Simposio Internazionale "Il monitoraggio costiero mediterraneo: problematiche e tecniche di misura".del Centro Nazionale delle Ricerche (Fondazione LEM, Livorno12-14 giugno 2012).
3. **Sistema di Supporto decisionale per la conservazione della biodiversità minacciata nei sistemi agricoli. Il**

**progetto DINAMO (Life NATIT00324).** Ciccorelli G. Carranza M.L., Stanisci A., Loy A., Marino D., De Iisio L., Berardo F. 16a Conferenza Nazionale ASITA, 2012. Fiera di Vicenza. Atti: 451- 459 ISBN 978-88-903132-7-1

4. **Un SIT per la gestione, e la conservazione della biodiversità nelle dune costiere. Il caso di MAESTRALE (LIFE 10NAT/IT/000262)** . Berardo F., Carranza M.L, Ciccorelli G., Del Vecchio S., Fusco S., Loy A., Roscioni F., Stanisci A. 16a Conferenza Nazionale ASITA, 2012. Fiera di Vicenza. Atti: 203 – 209 ISBN 978-88-903132-7-1

# Capitolo I– Introduzione

## Obiettivi della ricerca

Il progetto di ricerca è stato mirato all'individuazione dei parametri critici che influiscono sulla sopravvivenza delle rare popolazioni selvatiche di *Testudo hermanni hermanni* presenti sulle coste adriatiche. Si è focalizzato inoltre sulla messa a punto e l'ottimizzazione dei protocolli di monitoraggio a lungo termine di una specie bandiera degli ambienti costieri mediterranei.

In particolare, la tesi ha inteso contribuire a:

- Migliorare le conoscenze sulla dinamica e la densità delle popolazioni di *Testudo h. hermanni*;
- Indagare sulla selezione del microhabitat di *Testudo h. hermanni* in ambiente dunale;
- Descrivere la struttura e la popolazione di *Testudo h. hermanni* del sito Sic “Foce Saccione- Bonifica Ramitelli” (IT222217), utili alla definizione di una strategia di conservazione a lungo termine della specie e del sito.
- Mettere a punto un protocollo ottimale di monitoraggio di *Testudo h. hermanni* nel sito di ricerca “Dune costiere dell'Italia Centrale” della Rete Italiana di Ricerca Ecologica a Lungo Termine, denominata LTER Italia;

## Il progetto LTER – Long Term Ecological Researches

Sin dagli anni '90 gli ambienti di duna sabbiosa dell'Italia centrale vengono monitorati periodicamente dai ricercatori che lavorano presso le Università di Roma Tre, del Molise e dell'Aquila, attraverso campionamenti standardizzati di flora, vegetazione e fauna e analisi multi temporali del paesaggio naturale e semi-naturale (Acosta 2012, Stanisci et al. 2014). Tali monitoraggi sono volti a quantificare lo stato di conservazione di habitat e specie di interesse comunitario e conservazionistico, misurare gli effetti ecologici dei processi di invasione di specie esotiche e valutare attraverso bioindicatori i cambiamenti strutturali e funzionali delle comunità vegetali. Dal 2009 i siti di monitoraggio ecologico lungo le coste sabbiose dell'Italia centrale sono entrati a far parte della prestigiosa rete italiana “Long Term Ecological Research” (LTER-Italia, <http://www.lteritalia.it>), che a sua volta è un nodo della rete internazionale di monitoraggio ecologico a lungo termine (ILTER, <http://www.ilternet.edu/>). Tali studi hanno

come punto di forza le serie di dati storici che permettono il confronto diacronico di dati ecologici, biologici, chimici e fisici nel tempo e nello spazio (tra ecosistemi diversi). Le attività di ricerca ecologica nel sito LTER n° 20 “Dune costiere sabbiose dell’Italia centrale” (LTER\_IT\_20) riguardano gli ecosistemi costieri sabbiosi sia adriatici che tirrenici suddivisi in tre stazioni di ricerca (Acosta, 2012): 1. Monumento Naturale “Palude di Torre Flavia” (Lazio); 2. sito S.I.C. “Foce Saccione-Bonifica Ramitelli” (Molise); 3. sito S.I.C. “Foce Trigno-Marina di Petacciato”, sito S.I.C. “Punta Aderci-Punta della Penna” (Molise).

In queste stazioni sono ubicate delle aree permanenti dove vengono svolti annualmente campionamenti della vegetazione lungo il gradiente spiaggia-entroterra, attraverso il metodo del transetto a fascia, mentre, con intervalli temporali più ampi, viene monitorato lo stato di conservazione degli habitat di interesse comunitario, utilizzando il metodo fitosociologico e il campionamento random stratificato (Acosta et al., 2000; Acosta et al., 2009; Del Vecchio et al., 2013; Frattaroli et al., 2007; Stanisci et al. 2014; Del Vecchio et al. 2015; Drius et al 2013). I dati sono archiviati in un database informatizzato e georeferenziato (Prisco et al., 2012) seguendo il protocollo europeo (INSPIRE (INfrastructure for SPatial InfoRmation in Europe) garantendo l’interscambiabilità e dei dati con altre aree d’interesse in Italia e in Europa.

La Rete Italiana per le Ricerche Ecologiche di Lungo Termine (LTER-Italia) comprende 25 siti con 80 stazioni di ricerca ed è stata annessa da Agosto 2006 alla Rete Europea LTER (LTER-Europe - European Long-Term Ecosystem Research Network, 400 siti in 22 paesi) che , che a sua volta è parte di una rete internazionale (ILTER) che riunisce oggi 40 Paesi in cinque continenti. Sono siti di ricerca su ecosistemi terrestri, d’acqua dolce, di transizione e marini. Attraverso la rete di monitoraggio sono messi in connessione centinaia di siti di ricerca ecologica a lungo termine sugli ecosistemi terrestri, marini e di acqua dolce, che afferiscono a sette regioni del pianeta (Asia orientale/Pacifico, Europa, Africa, Nord America, America centrale/Meridionale, Oceania, Antartide) (Pugnetti et al. 2011).

Gli obiettivi fondamentali di LTER-Italia riconosciuti nell’ art. 2 dello Statuto sono:

- promuovere la collaborazione e il coordinamento tra esperti nelle reti di ricerca a lungo termine sugli ecosistemi a scala locale, nazionale, europea e globale;
- migliorare la confrontabilità dei dati ecologici a lungo termine relativi ai siti gestiti da ricercatori italiani e favorire la salvaguardia e lo scambio di dati;

- suggerire possibili soluzioni agli attuali e futuri problemi ambientali su scala locale, nazionale, europea e globale;
- facilitare la formazione scientifica della futura generazione di scienziati nel campo della ricerca a lungo termine

Per raggiungere tali obiettivi, la Rete LTER-Italia elabora programmi specifici, propone temi di ricerca, promuove lo scambio di ricercatori e lo sviluppo di ricerche comparative a livello nazionale ed internazionale, impiega o sviluppa tecnologie adeguate e intercalibrate per l'analisi dei sistemi ecologici, partecipa alla realizzazione di una rete informatica per la diffusione e la gestione dell'informazione di carattere ecologico sui siti (per la creazione di banche dati su internet a libero accesso e per la connessione telematica con altre reti di monitoraggio ambientali) e sviluppa programmi educativi di base e avanzati a carattere ecologico, ivi inclusi programmi di scambio di studenti ed educazione permanente. Ad oggi la rete LTER Italia conta 20 siti (Fig. 1.1), oggetto di studio da molti anni. La presente tesi fornirà ulteriori dati per il monitoraggio della fauna terrestre nell'ambito del sito Dune costiere dell'Italia centrale.

La Rete LTER-Italia contribuisce, in generale, alla valutazione dello stato e dell'evoluzione di molti importanti ecosistemi italiani, studiando l'effetto su di essi dell'inquinamento, delle modificazioni dell'uso del suolo e dei cambiamenti climatici, valutando perdita ed alterazione della loro biodiversità.





Fig.1.1 Distribuzione dei siti della rete LTER Italia **1** Appennini di alta quota ; **2** foreste delle Alpi ; **3** foreste degli Appennini ; **4** foreste mediterranee ; **5** Bosco della Fontana ; **6** isola di Pianosa ; **7** delta del fiume Po ; **8** laghi sudalpini ; **9** ambienti lentici Appennino tosco-emiliano ; **10** ecosistemi lacustri della Sardegna; **11** laghi Himalayani (\*); **12** Adriatico settentrionale ; **13** golfo di Napoli ; **14** ecosistemi marini della Sardegna ; **15** area marina protetta Portofino; **16** Laguna di Venezia **17** stazioni di ricerca in Antartide(\*) **18** Tenuta di Castelporziano **19** Ambienti alta quota Alpi Nord-occidentali **20** Dune costiere, Italia centrale) (tratto da <http://www.lteritalia.it/siti.php>)

## **Il progetto LIFE MAESTRALE**

LIFE + è il nuovo strumento finanziario dell'Unione Europea per la salvaguardia dell'ambiente, entrato in vigore nel 2007, che cofinanzia azioni a favore dell'ambiente negli Stati membri ed in taluni Paesi terzi che si affacciano nel Mediterraneo e nel Baltico, nonché nei paesi dell'Europa centrale e orientale candidati all'ingresso nell'Unione. Esso fa seguito al precedente programma LIFE istituito nel 1992.

Obiettivo generale di LIFE+ è contribuire all'attuazione, all'aggiornamento e allo sviluppo della politica e della normativa comunitaria in materia di ambiente, compresa l'integrazione dell'ambiente in altre politiche, contribuendo in tal modo allo sviluppo sostenibile.

In particolare, LIFE+ favorisce l'attuazione del Sesto Programma Comunitario di Azione in materia di Ambiente (6° PAA) istituito dalla decisione n. 1600/2002/CE, e finanzia misure e progetti con valore aggiunto europeo negli Stati membri.

Nell'area oggetto della presente tesi, dal 2011 si sta svolgendo il progetto con finanziamento comunitario LIFE MAESTRALE – NAT/IT/000262, coordinato dal Comune di Campomarino in partenariato con l'Università del Molise, Centro Studi Naturalistici onlus, Comune di Petacciato e Ambiente Basso Molise.

L'obiettivo del progetto Life + MAESTRALE "Azioni Mirate al Ripristino e alla Conservazione degli Habitat dunali e retrodunali in Molise" è la conservazione degli habitat dunali e delle zone umide salmastre della costa molisana (Berardo et al. 2013) Quest'area presenta ancora zone litoranee di grande valore naturalistico con la presenza di 19 habitat di interesse comunitario e di tre Siti d'Importanza Comunitaria: "Foce Trigno - Marina di Petacciato" (IT7228221), "Foce Saccione - Bonifica Ramitelli" (IT7222217) e "Foce Biferno – Litorale Campomarino" (IT7282216). Tali SIC, oggetto del presente progetto, comprendono il 60% della costa del Molise e rappresentano una delle aree più importanti per la biodiversità degli ecosistemi costieri sabbiosi del mare Adriatico (Stanisci et al. 2014).

Tuttavia la costa del Molise è fortemente minacciata da una progressiva pressione antropica, attraverso numerosi progetti e interventi che mirano ad erodere via via le aree di interesse comunitario, minacciando la flora e la fauna locali.

Il progetto mira alla conservazione degli habitat dunali e delle zone umide salmastre, limitando le cause che minacciano la perdita di habitat e specie di interesse comunitario nei siti Rete Natura 2000 (2270\* Dune con foreste di *Pinus pinea* e/o *Pinus pinaster*; 2250\* Dune costiere con *Juniperus* spp.; 3170\* Stagni temporanei mediterranei; 1510\* Steppe salate mediterranee (*Limonietalia*) della costa della regione Molise, attraverso azioni tese a valorizzare e a recuperare il patrimonio naturalistico di queste aree e a promuovere le buone pratiche tra quanti fruiscono del litorale.

### **La testuggine di Herman *Testudo hermanni hermanni* (Gmelin,1789)**

#### **Sistematica**

La classificazione tassonomica delle specie del genere *Testudo* è oggi molto dibattuta sia a livello sovraspecifico sia a livello intraspecifico (Cheylan et al. 2010) ed in continua evoluzione.

Nel 2006 de Lapparent de Broin et al. in seguito ad un'analisi cladistica, effettuata su testuggini fossili e viventi, basata su caratteri osteologici, ha creato un nuovo genere, denominato "*Eurotestudo*", per le specie paleartiche occidentali tra cui anche la *Testudo hermanni*. L'anno successivo a causa di uno studio genetico condotto da Fritz e Bininda-Emonds (2007) sui generi *Testudo* e *Geochelone* è stato invalidato il nuovo genere *Eurotestudo*.

In Tab 1.1 è riportata la classificazione più aggiornata della sottospecie presente in Italia.

<b>Taxon</b>	
<b>Classe</b>	Reptilia
<b>Ordine</b>	Cheloni (Laterille), 1800
<b>Sottordine</b>	Criptodira
<b>Famiglia</b>	Testudinidae (Batsch), 1788
<b>Genere</b>	<i>Testudo</i>

<b>Specie</b>	<i>Testudo (Testudo) hermanni</i>
<b>Sottospecie</b>	<i>Testudo (Testudo) hermanni hermanni</i>

tab. 1.1 Classificazione scientifica per la *Testudo hermanni hermanni*

Fino al 1987 le due sottospecie riconosciute erano classificate come :

- *Testudo hermanni ssp. robertmertensi* (Wermuth, 1952), la forma occidentale;
- *Testudo hermanni ssp. hermanni* (Gmelin, 1789), la forma orientale.

Nel 2001 Perala ha fatto un'ulteriore rivalutazione tassonomica ed è stata aggiunta una terza specie (Fig. 1.2):

- *Testudo hermanni ssp. hermanni* (Gmelin, 1789), la forma occidentale;
- *Testudo hermanni ssp. boettgeri* (Mojsisovics, 1889), la forma orientale;
- *Testudo hermanni ssp. hercegovinensis* (Werner, 1889), la forma della Dalmazia centrale.

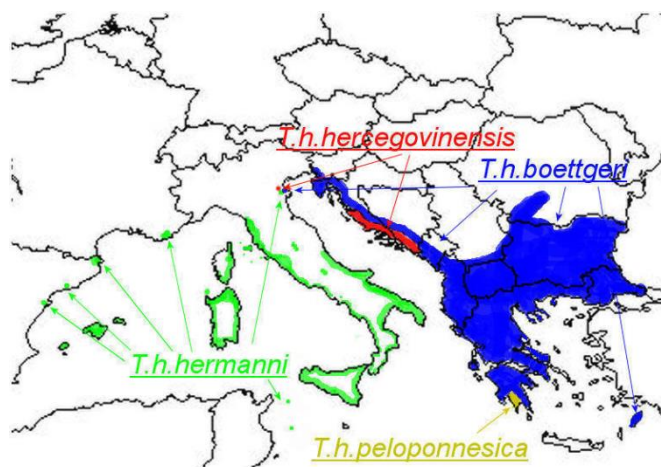


Fig.1.2 Areale di Distribuzione della *Testudo hermanni* e localizzazione delle sottospecie in Europa (immagine di Lazzari M.)

La maggior parte degli autori riconosce una specie con due sottospecie: *T.h. hermanni* Gmelin, 1789 e *T. h. boettgeri* Mojsisovics, 1889, quest'ultima diffusa nella Turchia Europea, lungo la costa dalmata e nelle regioni Nord Adriatiche italiane (Cheylan et al. 2010) .

Tuttavia molti autori hanno accettato la proposta di de Lapparent de Broin et al., per cui è facile trovare testi ove erroneamente viene riportato il genere *Eurotestudo* che allo stato attuale delle conoscenze va considerato come un semplice sinonimo (Di Tizio et al.,2010)

## **Distribuzione**

La testuggine di Hermann è un'entità mediterranea centro settentrionale-balcanica, diffusa in maniera discontinua e puntiforme lungo i territori costieri dell'Europa mediterranea dalla Catalogna alla Francia meridionale, nella Penisola Italiana, in varie isole mediterranee, nei Balcani meridionali a sud-est del Danubio e nella costiera dalmata, fino alla Turchia europea (Bour,1997)

La *Testudo hermanni* è l'unica delle tre specie di testudo presenti in Italia a presentare un areale più ampio anche se frammentato , che si sviluppa soprattutto lungo il versante tirrenico della Penisola, in particolare in Toscana centro-meridionale e nel Lazio ma anche, in modo più discontinuo in Campania e in Calabria. Sul versante adriatico la specie è più rara, è presente nell'Abruzzo meridionale, in Molise e in Puglia. In Emilia-Romagna sono presenti alcune popolazioni di origine molto probabilmente almeno in parte alloctona nelle province di Ferrara (Bosco della Mesola) e di Ravenna (Pineta di Classe, Pineta di S. Vitale) (Mazzotti e Stagni, 1993). Inoltre, sono presenti dei siti in Sicilia e in Sardegna e in alcune isole minori (Pantelleria, Linosa, Lampedusa, Lipari e Salina).

L'ultimo aggiornamento della distribuzione della specie nella Penisola Italiana è stato presentato nel 2013 da Corti et al. al Congresso SHI Abruzzo e Molise. In questo studio sono stati integrati i dati recenti raccolti da un gruppo di esperti alle segnalazioni storiche, provenienti da fonti bibliografiche(Fig.1.3).

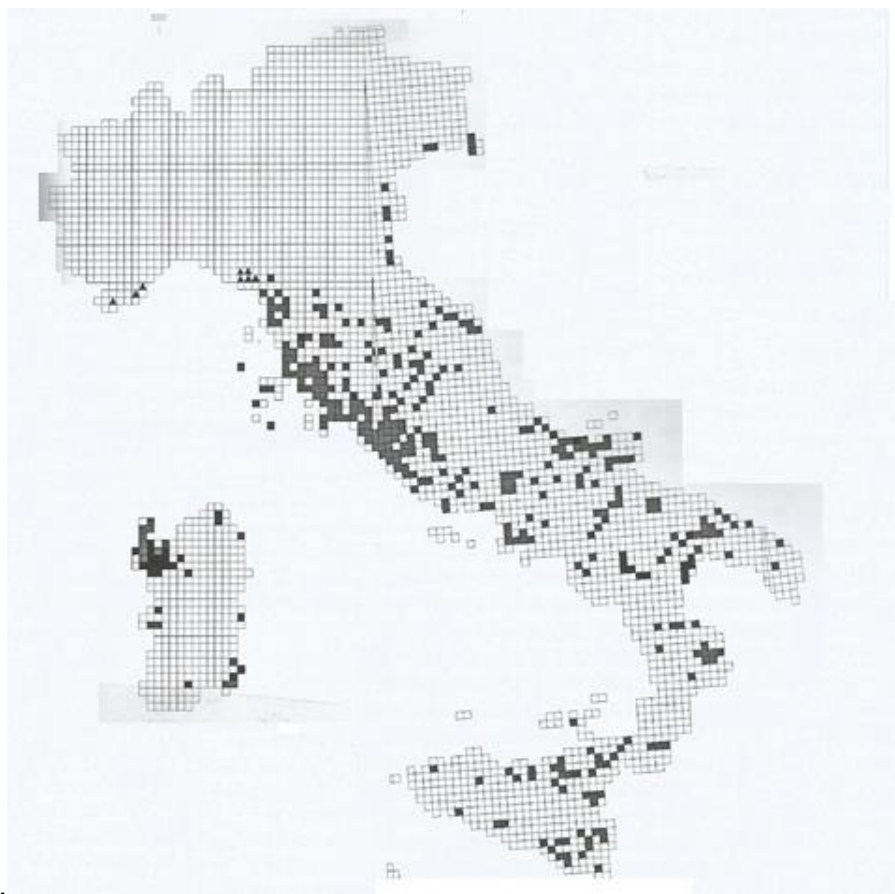


Fig.1.3 Distribuzione della *Testudo hermanni* in Italia (Immagine tratta da Atti Congresso SHI Abruzzo e Molise, Corti et al. 2013 a). Segnalazioni storiche (in grigio) e recenti(in nero)

In particolare, nella regione Molise nel 2006, dall'integrazione di dati bibliografici e dati museologici (FIG.1.4), è stato eseguito uno studio sullo status e sulla distribuzione di *Testudo hermanni* che ha permesso di ampliare l'areale noto di questa specie in Italia centro-meridionale (Di Florio et al, 2006). Su un totale di 28 siti esaminati nella provincia di Isernia, la specie è stata rinvenuta in sette aree con popolazioni riproduttivamente attive. Tale dato è molto rilevante poiché la maggior parte delle popolazioni rinvenute si trovano tutte nel versante Adriatico della penisola e in ambienti non costieri. Si riporta la figura dello studio succitato, relativa alla Regione Molise, ove sono stati integrati i dati del censimento 2002-2003 con i dati del censimento 1993-1997:

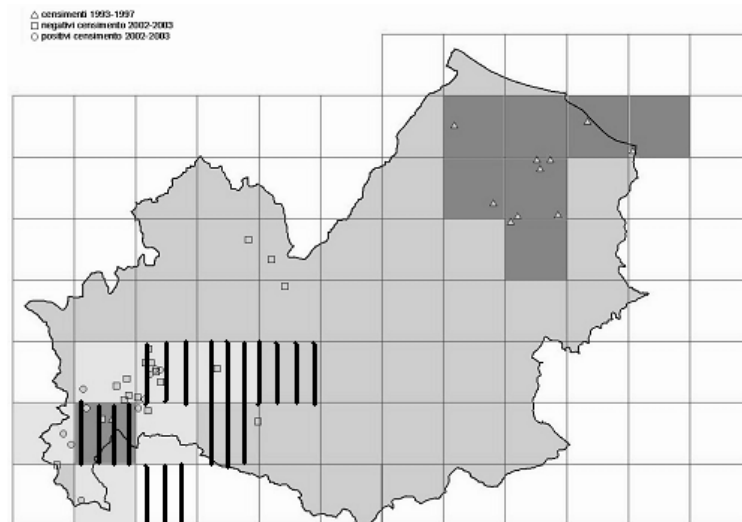


Fig. 1.4 Distribuzione della *testudo hermanni* in Molise. I quadranti con righe verticali indicano le nuove stazioni di *Testudo hermanni hermanni* in Molise. Nei quadranti grigio scuro vengono riportate tutte le segnalazioni precedenti per la specie nella regione (Bruno e Guacci; 1993; Di Cerbo & Ferri, 1997).

### Status

La frammentazione e la perdita di habitat hanno giocato un ruolo importante nella riduzione della biodiversità e nell'aumento del tasso di estinzione di molte specie (Wilson, 1988).

La pressione antropica è infatti molto dannosa per le specie longeve come le Testuggini che raggiungono in tarda età la maturità sessuale e hanno un tasso di riproduzione basso (Congdon & Van Loben Sels, 1991; Congdon et al. , 1993). A livello generale le maggiori minacce per *Testudo hermanni* sono rappresentate dalla perdita e/o dalla degradazione dei suoi habitat: incendi, urbanizzazione e sviluppo di infrastrutture turistiche, agricoltura intensiva, prelievo in natura, inquinamento genetico e mortalità stradale (Bertolero et al., 2011, Stubbs 1989b; Willemsen 1995).

Dall' "Indagine sullo status naturale delle testuggini terrestri (genere *Testudo*)", condotto da Corti et al. su richiesta del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Mare, è emerso che la distribuzione della specie nella Penisola Italiana ha subito una lenta e continua contrazione e che per il futuro non è previsto un particolare miglioramento della situazione tenendo conto che la presunta evoluzione socio economica, secondo principi di evoluzione ambientale, non sarà sufficiente a controbilanciare le variazioni climatiche previste (Corti et al. 2013 b).

Le testuggini europee sono protette in base al CITES (Convenzione di Washington sul commercio internazionale delle specie di fauna e flora minacciate di estinzione) con l'applicazione del Reg. Com. 338/97. La *Testudo hermanni* è una specie di interesse comunitario inserita negli allegati II e

IV della Direttiva Habitat (92/43/CEE), recepita in Italia con il D.P.R. n. 357/1997 (modificato ed integrato dal D.P.R. n.120/2003). *Testudo hermanni* è classificata nella Lista Rossa dell'IUCN come NT (Near Threatened) con popolazioni in diminuzione (IUCN, 2012) ed è inserita negli allegati II e IV della Direttiva Habitat, ovvero riveste un ruolo prioritario nella conservazione dell'ambiente naturale, per la quale devono essere istituite Zone di Protezione Speciale.

## Morfologia

### Apparato scheletrico

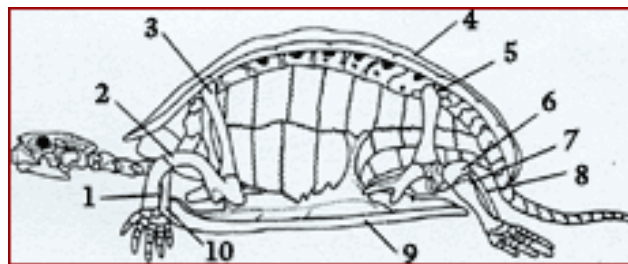


Fig.1.5 Scheletro di testuggine : radio (1), omero (2), cinto pettorale (3), carapace (4), cinto pelvico (5), femore (6), tibia (7), fibula (8), piastrone (9), ulna (10).

Lo scheletro (Fig. 1.5) è composto dalla colonna vertebrale, saldata al carapace, dalla cassa toracica, e da tutta l'ossatura indispensabile a sostenere l'animale.

La corazza della testuggine di Hermann è costituita da una parte superiore, il carapace, e da una parte inferiore, il piastrone. Entrambe le parti sono costituite da placche ossee, interamente unite tra loro con giunture seghettate e da placche cornee esternamente unite da giunture lineari. (Pirota, 2001). Il numero e la disposizione delle placche cornee, che rappresentano un importantissimo carattere tassonomico, non corrispondono alle sottostanti placche ossee: da ciò deriva la robustezza dell'intero guscio.

L'accrescimento, negli esemplari adulti, avviene contemporaneamente sia a livello delle placche ossee sia a livello degli scuti cornei. Invece negli esemplari neonati le placche ossee sono separate tra loro e si riuniranno solo in un secondo momento con la formazione delle suture, per tale motivo la corazza è molle e cedevole (Avanzi et al, 2007).

La testa è protetta e ricoperta da squame cornee, la cui disposizione sui lati del capo, nelle "guance", sembra essere individuo-specifica, rappresentando una sorta di "impronta digitale" per ciascun individuo (Affronte et al, 2001).



Le testuggini di Hermann, come già specificato nel paragrafo riguardante la sistematica, fa riferimento all'ordine dei Cheloni e al sottordine dei Criptodiri in quanto nel ritirare la testa nel carapace, essendo priva dello strato intergolare, ripiegano il collo a "S" secondo un piano verticale con direzione antero-posteriore.

### Riconoscimento specifico

La *Testudo hermanni* è molto affine alla testuggine greca (*Testudo graeca*, Linnaeus, 1758) e alla testuggine marginata (*Testudo marginata* Schoepff, 1792), specie entrambe presenti sul territorio italiano, non autoctone ma introdotte dall'uomo in epoca storica.

La testuggine di Hermann si distingue a livello fenotipico (Fig. 1.6) per:

- la presenza dell'astuccio corneo all'apice della coda (assente sia in *T. graeca* che in *T. marginata*);
- l'assenza dei tubercoli conici ai due lati della base della coda (presenti in *T. graeca*, assenti in *T. marginata* sino alla maturità sessuale, poi talvolta presenti in numero di 1 o più);
- lo scuto sopracaudale, a parte alcune eccezioni, è diviso in due (nelle altre due specie non è diviso);
- le placche vertebrali sono più strette rispetto alle altre specie.



fig. 1.6 Elementi diagnostici per l'individuazione della specie

### Dimorfismo sessuale





fig.1.7 Dimorfismo sessuale. Nelle prime due immagini è ritratto un maschio adulto, si noti la concavità del piastrone, le dimensioni della coda e la presenza dell'astuccio coreno ben sviluppato. Nelle ultime due immagini è ritratta una femmina, si noti il piastrone piatto e la coda di dimensioni ridotte rispetto al maschio.

Gli individui con lunghezza minima del carapace di 100 mm, corrispondente ad individui di circa 6-7 anni (Cheylan, 1981), presentano caratteri morfologici sessuali secondari che ne permettono la distinzione (Fig.1.7):

- a parità d'età la femmina raggiunge dimensioni maggiori del maschio;
- i maschi presentano una coda lunga, robusta e grossa alla base, l'astuccio corneo terminale è ben sviluppato. La coda della femmina è molto più piccola e corta, l'apice corneo è presente ma meno evidente;
- la distanza dell'apertura cloacale dalla base della coda è maggiore nel maschio;
- i maschi presentano l'estremità posteriore del carapace molto convessa con il margine libero fortemente piegato verso il basso e per il piastrone concavo (piatto nella femmina) tale concavità nel piastrone tende ad accentuarsi con la maturità;
- l'angolo formato dagli scudi anali del piastrone è più ampio nel maschio, l'altezza degli stessi è maggiore nella femmina;
- nel maschio lo scuto sopracaudale ha un profilo più ricurvo verso il basso, mentre nella femmina è in linea con il resto del carapace per favorire l'espulsione delle uova (Cheylan, 1981; Avanzi et al, 2007);

### **Dimorfismo intraspecifico**

Le due sottospecie, *Testudo hermanni hermanni* e *Testudo hermanni boettgeri* sono molto simili tra di loro ma differiscono per i seguenti elementi:

- Rapporto tra la sutura pettorale e la sutura femorale: nella *T. h. hermanni* la sutura pettorale è più corta della sutura femorale.

- Carapace: nella sottospecie *T. h. hermanni* la colorazione è più brillante e caratterizzata da un colore giallo oro vivo, mentre la sottospecie *T. h. boettgeri* ha una colorazione verde-giallastra più chiara
- Piastrone: nella *T. h. hermanni* le bande nere su sfondo giallo sono marcate e continue, mentre nella sottospecie orientale sono meno definite e discontinue.
- Dimensioni: la sottospecie occidentale è di dimensioni inferiori, raggiunge una lunghezza del carapace di 170 mm per le femmine e di 140 mm per i maschi. Per la *T. h. boettgeri* vengono raggiunte dimensioni maggiori sino a 264 mm di lunghezza (Cheylan, 1981; Highfield, 1988).
- Rapporto tra larghezza ed altezza del carapace: nella sottospecie orientale *T.h. boettgeri* si ha un maggiore appiattimento e vista in piano ha una forma trapezoidale, mentre la *T.h. hermanni* è più tondeggiante e, in piano, ha una forma ovale.

### **Termoregolazione**

Tutti i *Cheloni* sono caratterizzati dall'ectotermia, ossia la temperatura corporea è funzione di quella ambientale. L'eterotermia non è mai assoluta in quanto l'organismo comunque riesce a produrre calore attraverso la contrazione muscolare e il metabolismo del fegato e degli altri organi (Avanzi et al, 2007; Chelazzi e Calzolari, 1986).

### **Habitat**

Lo studio del microhabitat è di importanza centrale al fine di comprendere l'evoluzione dell'adattamento delle popolazioni naturali di rettili (Reinert, 1993).

La testuggine di Hermann è presente nella maggior parte degli habitat di vegetazione mediterranea, dalla costa fino ai 1300 m di altitudine nei Balcani, ma la maggior parte delle popolazioni si trovano al di sotto dei 500 m di quota. Vive in una grande varietà di habitat, solitamente con substrati sabbiosi o ghiaiosi: dune costiere, pascoli, frutteti, arbusteti con vegetazione rada e foreste sempreverdi aperte di leccio o pini (Bertolero et al. 2011).

In Italia, vive quasi esclusivamente in zone con clima mediterraneo, dal livello del mare a 300-400 m di quota. La maggior parte dei siti sono distribuiti lungo la costa ma, in alcuni casi, anche nell'entroterra, in Calabria e in Sicilia la specie supera questi limiti altitudinali raggiungendo, rispettivamente, i 700 e gli 850 m di quota (Mazzotti, 2006).

Da uno studio condotto da Mazzotti nel 2004, risulta che in Italia sono stati censiti 279 siti in ben 30 differenti tipologie di habitat (tabella1.2).

CORINE Biotopes	Code adapted by Devillers et al. (1991).
-----------------	--

Sand and coastal dunes with vegetation	16.2
Bushes and scrubs	31.8
Bushes with sloes, wild roses	31.81
Bushes with brambles	31.83
Bushes with brooms	31.84
Coastal pinewoods with <i>Pinus pinaster</i> and <i>P. halepensis</i>	42.8
Coastal pinewoods with <i>P. pinea</i>	42.83
Holm-oak woods	45.3
Cork-forests	45.2
Situations of decay and recover of holm-oak woods	32.112
Situations of decay and recover of cork-forests	32.111
Situations of decay and recover with wild olive trees and lentisk	32.12
Situations of decay and recover with wild olive trees and lentisk	32.14
Situations of recover of pinewoods with Mediterranean pines	32.141
Situations of recover with Mediterranean pines	32.142
Situations of recover with <i>P. pinea</i>	32.143
Situations of recover with <i>P. halepensis</i>	32.21
Mixed bush with majority of lentisk	41.75
Termophilous oak woods with white-oak	41.1
Mixed mesophilous woods	41.2
Oak-hornbeam woods	44.3
Riparian woods with ash trees	44.6
Riparian woods with white poplars	32.4
Garigues	32.34
Bushes with rock roses	83.11
Olive groves	83.16
Citrus orchards and almond groves	82.1a
Intensive tilled lands: ploughed soils	82.1b
Wheat fields	82.2
Plantations with belts of spontaneous vegetation	

Tab. 1.2 Tipologie di habitat censiti nei siti italiani ospitanti le *T.hermannii*. Tabella tratta dallo studio “Hermann’s tortoise (*Testudo Hermannii*): current distribution in Italy and ecological data on population from the north Adriatic coast (Reptilia, Testudindae)” di Mazotti S., (2004)

Il limite climatico sembra essere essenzialmente legato alla temperatura e al soleggiamento estivo piuttosto che alla piovosità o alla temperatura invernale (Cheylan, 1981). La specie sembra preferire zone poco accidentate e raramente rocciose. Gli habitat della testuggine sono costituiti prevalentemente da ambienti forestali costieri termofili quali le pinete e le leccete, i querceti (Monte Nebrodi) e le macchie mediterranee con substrati diversi, da quelli rocciosi a quelli sabbiosi. In taluni casi è possibile osservare la specie nelle dune costiere cespugliate, in particolare presso le Foci dei fiumi (Maratea, Fiume Neto, Delta del Po) o in zone aperte come pascoli e prati aridi, giuncheti, garighe e radure cespugliate (Maremma, Aspromonte). Fra gli ambienti antropici la tipologia ambientale in cui è più frequente la testuggine di Hermann sono gli oliveti abbandonati, gli agrumeti e gli orti; Mazzotti, 2004; 2006). La specie in genere evita le zone acquitrinose, le foreste dense, le coltivazioni intensive e le quote particolarmente elevate (Cheylan et al. 2011)

Nelle regioni costiere predilige gli ambienti dunali di gariga (dune fossili) e le pinete retrodunali, dove la copertura vegetazionale, non troppo folta, consente un buon irraggiamento al suolo. La macchia mediterranea e le leccete sono ambienti troppo chiusi per essere abitati stabilmente dalle testuggini, ma possono tuttavia essere utilizzati come aree di svernamento e estivazione. Lontano dalla costa la testuggine di Hermann colonizza prevalentemente la boscaglia caducifolia mista e i boschi caducifogli con dominanza di querce. Pochi lavori scientifici hanno indagato sugli habitat preferenziali della testudo lungo le coste italiane (Calzolari e Chelazzi, 1991) e le conoscenze per i litorali adriatici sono particolarmente scarse.

### **Ritmi di attività**

I rettili sono fortemente condizionati da fattori esogeni, sebbene molte specie abbiano adottato un grande controllo della temperatura del loro corpo attraverso comportamenti e/o meccanismi fisiologici (Diaz-Panigua et al., 1995). Lo studio delle relazioni tra il clima e i modelli di comportamento assumono un ruolo cruciale nella comprensione dell’ecologia e del comportamento di molti animali ectotermi, in particolar modo per le *Testudo hermanni* (Hailey et al., 1984; Meek, 1984 1988a, 1988b; Pulford et al., 1984; Chelazzi & Calzolari, 1986; Carretto et al., 1995; Huot-Daubremont et al., 1996).

Il periodo di attività nell'anno varia a seconda della latitudine, della distanza dal mare e dell'habitat colonizzato (Mazzotti & Vallini, 2000), in Toscana nei pressi del Lago di Burano dall'inizio di marzo a ottobre (Calzolari & Chelazzi, 1991), nel Parco Naturale della Maremma da aprile ad ottobre-novembre (Carbone & Paglione, 1991; Bossuto et al., 2000), nel parco delle Testuggini del comune di Isernia nel 2003 da maggio ad ottobre (Ramacciato, 2003) e nel 2004 da fine aprile ad ottobre (Gentilotti, 2004)

Durante l'inverno la temperatura massima deve essere circa di 9° C, la minima di 1°C e la media di 5° C, temperature inferiori a 0°C sono tollerate abbastanza bene (Bruno, 1986).

La fase attiva può dividersi in quattro periodi (Cheylan, 1981):

- da marzo ad aprile si ha un periodo post-invernale dedicato essenzialmente all'insolazione, alla ricerca della temperatura preferenziale e, ma solo nelle ore più calde della giornata, all'attività sessuale;
- da maggio a giugno si ha un periodo primaverile dedicato alla termoregolazione, agli spostamenti, alla nutrizione e alla riproduzione.
- da luglio ad agosto si ha un periodo estivo caratterizzato da una ridotta termoregolazione a causa delle temperature più elevate, da inattività generale ad eccezione delle prime ore del mattino e del tardo pomeriggio, con temperature più basse;
- da settembre ad ottobre si ha un periodo pre-invernale distinto da un'elevata termoregolazione, da una modesta attività sessuale, da limitati spostamenti e da una ridotta alimentazione.

Gli home range della specie mostrano notevoli variazioni stagionali e annuali (Calzolari e Chelazzi 1991). La primavera e l'autunno sono le stagioni di maggiore attività ed è stato osservato che occupano aree più ampie (minimo poligono convesso: 3.1 ha) mentre in estate l'area occupata è inferiore in quanto l'attività diminuisce notevolmente e diversi individui (18% circa) possono estivare (Bossuto et al., 1996).

### **Regime alimentare**

In natura raramente sono state osservate le preferenze alimentari, alcune informazioni possono essere ricavate dal lavoro di Swingland e Stubbs (1985) dove viene riportato che la dieta della *Testudo hermanni* consiste per il 25% di *Rubiaceae*, per il 22% di *Leguminosae*, per il 10% di *Compositae* e per l'8% di *Ranunculaceae*.

Le testuggini di Hermann sono strettamente erbivore, anche se possono nutrirsi di chioccioline e altri piccoli invertebrati, piccoli animali morti e ossa (Cheylan, 2001; Ferri, 1996); inoltre, è stato notato che ingeriscono anche escrementi di altri animali e tale comportamento è probabilmente associato alla necessità di incrementare e regolarizzare la flora batterica intestinale (Cheylan, 2001; Pirota, 2001). In studi effettuati in Croazia, Toscana, Corsica e Lazio (Meek, 1989; Calzolari e Chelazzi, 1991; Nougardè, 1998; Del Vecchio, 2011) emerge una diversità elevata di vegetali nella dieta: sono state identificate 132 piante appartenenti a 46 famiglie. Consuma prevalentemente piante annuali ed evita i vegetali legnosi (alberi, arbusti e liane coriacee), aromatici (*Thymus*, *Lavandula*, *Rosmarinus*, *Myrtus*, *Cistus*), resinosi (*Pinus*, *Pistacia*, *Juniperus*) quelli che contengono lattice (*Euphorbia*) e quelli con foglie pubescenti (*Inula viscosa*, *Phlomis*). Le famiglie più ricercate sono le *Asteraceae* (o *Compositae*), le *Fabaceae* (o *Leguminosae*) e in misura minore le *Poaceae* (o *Graminaceae*) e le *Ranunculaceae* (Cheylan et al., 2011)

Nella scelta del cibo sembrano essere guidate dalla vista e, a distanza più ravvicinata, dall'olfatto. I colori vivi come il giallo e il rosso provocano un'attrazione particolare. Il bisogno idrico è estremamente ridotto in natura, mentre in cattività è stato notato che bevono e si bagnano nei mesi estivi (Cheylan, 1981).

## **Riproduzione e sviluppo**

L'attività sessuale nelle testuggini di Hermann si protrae da marzo ad ottobre, ad eccezione del periodo di nidificazione (maggio e giugno), ed è più frequente nei mesi di agosto e settembre (Swingland & Stubbs, 1985).

In uno studio condotto da Kuchling, nel 1981, è stato osservato che nel maschio della *Testudo hermanni hermanni* la spermatogenesi ha due picchi di attività nel mese di luglio ed agosto, mentre nell'autunno, in seguito al fotoperiodo breve e alle temperature più basse, si manifesta una regressione delle gonadi.

Da esperimenti condotti da Galeotti et al, nel 2000, è stato evidenziato che le *Testudo hermanni* sono in grado di rilevare e distinguere l'odore di animali della stessa specie da quello di un'altra specie. Inoltre, i maschi sono in grado di distinguere il sesso e la maturità sessuale in seguito a stimoli olfattivi.

Il corteggiamento risulta quasi sempre aggressivo e le femmine cercano di sottrarsi ad esso. I maschi mordono le femmine e, se queste cercano di allontanarsi, vengono morse alle zampe



posteriori. Inoltre, i maschi infliggono colpi intorno alla coda delle femmine, con la capsula cornea posta all'estremità della coda. La presenza di più maschi ne comporta il combattimento per assicurarsi la femmina (Cheylan, 1981).

Le ferite provocate dai corteggiamenti e dai combattimenti possono infettarsi e portare alla morte. L'aggressività manifestata durante il corteggiamento può innescare pericolose condizioni di stress nelle femmine. Questo accade soprattutto in popolazioni ove il rapporto tra i sessi è elevato in favore dei maschi (Hailey et al., 2000).

Nel 2007 Loy et al., in seguito ad uno studio di radiotelemetria condotto su 8 animali, con rapporto sessi 1:1, hanno rilevato il mantenimento dello sperma (*sperm storage*) in quanto già nella tarda primavera sono state rinvenute uova schiuse mentre i comportamenti connessi all'accoppiamento sono stati osservati solo in tarda estate.

La scelta del sito di nidificazione è correlata con la temperatura del suolo, la nidificazione si verifica principalmente nel tardo pomeriggio antecedentemente al tramonto (Swingland.& Stubbs, 1985).

Le femmine, nei giorni prossimi alla deposizione delle uova, iniziano a scavare più nidi, in genere da 6 a 4, in luoghi assolati effettuando movimenti circolari con le zampe posteriori per allontanare la terra dal punto in cui scavare. Solitamente la deposizione avviene in zone caratteristiche, con condizioni edafiche e termiche ottimali (Cheylan et al., 2011) La durata della deposizione delle uova varia da 30 minuti a tre ore. Al termine le femmine ricoprono delicatamente le uova con la terra per rendere irriconoscibile il luogo ai predatori (Cheylan, 1981).

Le dimensioni della covata vanno da 1 a 12 uova in funzione della taglia della femmina: più è elevata e più uova vengono deposte. Alcune femmine possono deporre più di una covata durante lo stesso periodo di attività (Connor, 1993). L'intervallo tra due covate varia da 18 a 20 giorni (Fertard, 1992; Bertolero et al. 2007b) mentre l'incubazione dura mediamente 97 giorni (Cheylan, 2001).

La maggior parte dei nidi, il 90%, vengono predati dopo pochi giorni dalla deposizione da predatori mammiferi che vengono attratti dall'odore delle uova (Swingland.& Stubbs, 1985).

### **Problematiche e limiti della stima delle popolazioni di *Testudo hermanni*.**

La stima dell'abbondanza di popolazione rappresenta un aspetto di elevata complessità nell'ecologia delle popolazioni animali e di fondamentale importanza per mettere in atto adeguate politiche di conservazione. L'individuazione di un metodo adeguato per monitorare le popolazioni animali, a bassa rilevazione come i rettili, è molto complessa. Nel 2013 Couturier ha messo a confronto sullo stesso set di dati, provenienti da 118 siti di campionamento della Francia sud orientale, tre tipologie di stima (Cattura – ricattura, distance – sampling e N-mixture), ed è stato evidenziato che i tre metodi differivano molto tra di loro e che i risultati erano molto influenzati dalle variazioni di temperatura. Essendo la *Testudo hermanni* una specie con grandi variazioni di attività e bassa probabilità di rilevamento bisogna porre molta attenzione nella scelta dei disegni di monitoraggio (Couturier et al., 2013).

Difatti, dai dati presenti in letteratura, la densità di popolazione di *Testudo hermanni hermanni* è molto variabile : nel Parco della Maremma è stata valutata una densità da 3,3 a 5 individui/ha (M.Carbone, dati inediti), una densità molto più bassa di quella valutata in altre zone del Mediterraneo; 11 individui/ha nel massiccio dei Maures, in Francia (Cheylan, 1981; Stubbs e Swingland, 1985) ,13,5 individui/ha nel sud della Corsica(Nougarède,1998), 20,84 individui/ha in Molise nella Pineta di Fragnete (Loy et al.2007), 39 individui/ha nel Montenegro (Meek, 1985), e fino a 40-50 individui/ha ad Alyki, in Grecia (Stubbs et al. 1980).

Tali densità, tuttavia, variano considerevolmente su scala microgeografica. In una zona costiera particolarmente idonea del Parco della Maremma (pineta aperta a Pino domestico), ad esempio, si sono osservati infatti valori molto più alti di quelli medi (6.11 es/ha Carbone e Paglione, 1991). In una zona collinare di 30 ha, compresa tra i 450 e 750 m, all'interno del Parco dei Nebrodi in Sicilia, sono state osservate circa 150 testuggini (Tomasetti, 1996).

# Capitolo II – Materiali e Metodi

## Area di studio

La costa molisana, seppur minacciata dalla pressione antropica, ha conservato un alto valore naturalistico. In queste aree si riscontrano ancora discrete estensioni di aree litoranee con una grande rilevanza naturalistica e vegetazionale (Acosta et al. 2005; Stanisci et al. 2007; 2014). Sono presenti 18 habitat di interesse comunitario (92/43/CEE) che hanno permesso l'istituzione di 3 Siti di Interesse Comunitario (SIC) (IT7228221, Foce Trigno - marina di Petacciato, IT7222217 "Foce Saccione-Bonifica Ramitelli", IT7282216- Foce Biferno – Litorale Campomarino).

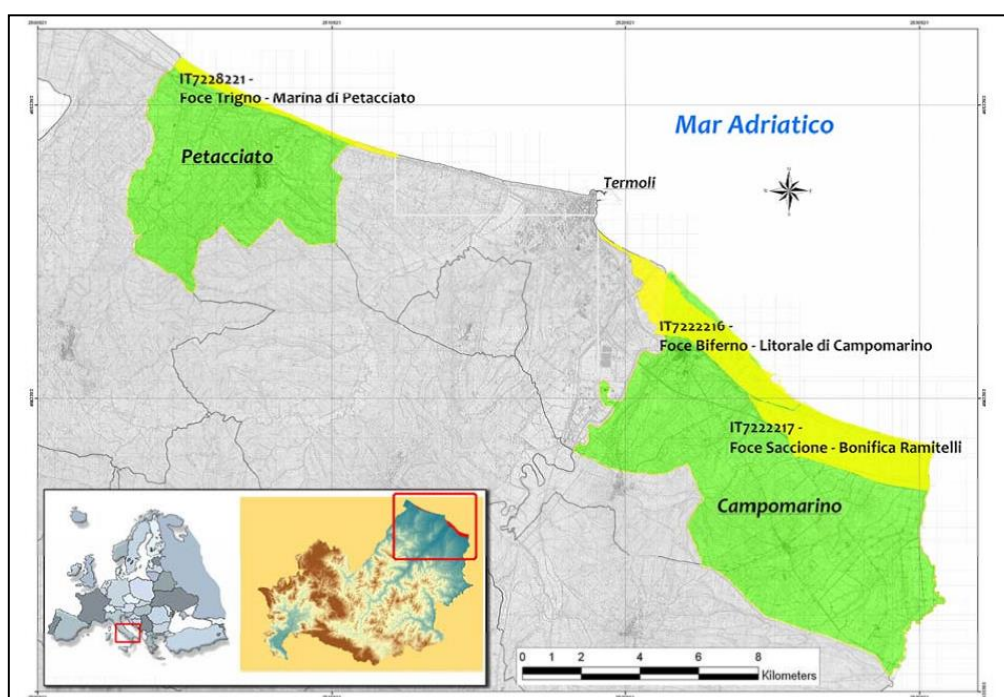


Fig.2.1 In giallo i Siti di Interesse Comunitario (SIC) (IT7228221, Foce Trigno - marina di Petacciato, IT7222217 "Foce Saccione-Bonifica Ramitelli", IT7282216- Foce Biferno – Litorale Campomarino). In verde le aree dei comuni interessati

**Aspetti geologici-geomorfologici:** La costa dell'area è costituita da "Costa di litorale diritto", caratterizzata da un'ampia fascia di spiagge sabbiose e di dune, delimitata verso l'interno da aree retrodunali topograficamente più depresse o direttamente da rilievi collinari digradanti o terrazzati (Aucelli et al, 2003).

**Clima:** Nella regionalizzazione fitoclimatica del Molise basata sulla classificazione bioclimatica proposta da Rivas-Martinez (1996), ciascun'unità fitoclimatica è caratterizzata sia da un punto di

vista climatico che vegetazionale ed è definita sulla base del termotipo e dell'ombrotipo (Paura & Lucchese 1997; Blasi et al. 2001) . L'area di studio, rientra nella unità fitoclimatica Regione Mediterranea (subcontinentale adriatica) (Fig.2.2).

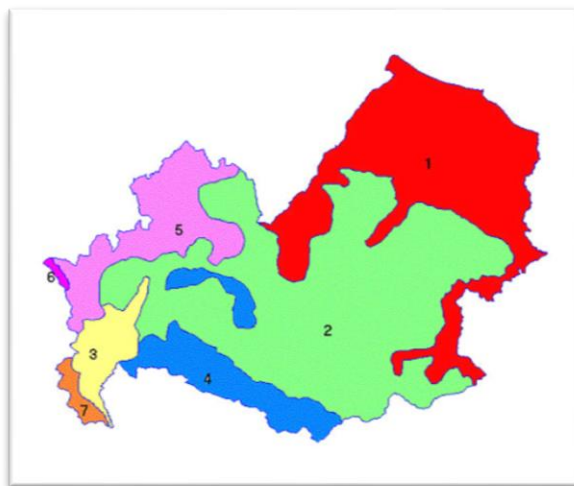


Fig. 2.2 REGIONE MEDITERRANEA Unità fitoclimatica **1:**Termotipo collinare Ombrotipo subumido REGIONE TEMPERATA: **2** Termotipo collinare Ombrotipo subumido; **3** Termotipo collinare Ombrotipo umido; **4** Termotipo montano Ombrotipo umido; **5** Termotipo montano-subalpino Ombrotipo umido; **6** Termotipo subalpino Ombrotipo umido; **7** Termotipo collinare Ombrotipo umido. (Blasi,2002 immagine tratta dal sito: [http://www.regione.molise.it/pianoforestaleregionale/sezione1b/ambiente\\_forestale\\_vegetazionale.htm](http://www.regione.molise.it/pianoforestaleregionale/sezione1b/ambiente_forestale_vegetazionale.htm)) .

Il clima è quello tipico mediterraneo con inverni freddi umidi ed estati caldo aride. Per quanto riguarda i dati termometrici, rilevati dalla stazione termopluviometrica più vicina sita nel comune costiero di Termoli a 11Km a Nord dell'abitato di Campomarino, l'area di studio è compresa nella isoterma con valore medio annuo di 16°C.

La temperatura media è di 15,9°C, con una temperatura minima di 13,2 °C e una temperatura massima si 18,6°C. La piovosità (media totale annua) è di 356,8 mm (Stazione meterologica di Termoli, 1971-2000).

Dal punto di vista vegetazionale la linea di costa e le dune ospitano 16 habitat di interesse comunitario (tab.2.1) di cui 4 di interesse prioritario (2250\*,2270\*, 1510\*, 3170\*) (Stanisci et al.. 2008; 2014).

Denominazione habitat	Codice	Percentuale coperta
Dune costiere con <i>Juniperus spp.</i>	2250 *	2,2
Dune con foreste di <i>Pinus pinea</i> e/o <i>Pinus pinaster</i>	2270*	1,5
Vegetazione annuna delle linee di deposito marine	1210	1
Dune con prati di <i>Malcomietalia</i>	2230	0,5

Dune con vegetazione di sclerofille dei <i>Cisto-Lavenduletalia</i>	2260	0,5
Dune con prati di <i>Brachypodietalia</i> e vegetazione annua	2240	0,5
Foreste a galleria di <i>Salix alba</i> e <i>Populus alba</i>	92A0	0,2
Fiumi mediterranei a flusso permanente con <i>Glacium flavum</i>	3250	0,1
Foreste di <i>Quercus ilex</i> e <i>Quercus rotundifolia</i>	9340	0,1
Dune mobili con presenza di <i>Ammophila arenaria</i>	2120	0,1
Vegetazione pioniera a <i>Salicornia</i> e altre specie annuali nelle zone fangose e sabbiose	1310	0,01
Steppe salate mediterranee	1510 *	0,01
Dune mobili embrionali	2110	0,01
Pascoli inondati mediterranei	1410	0,01
Praterie alofile dei <i>Sarcocornetea fruticosi</i>	1420	0,01
Stagni temporanei mediterranei	3170 *	0,01

Tab. 2.1 – Copertura (%) degli habitat di interesse comunitario sul litorale del Molise (dal sito [www.minambiente.it](http://www.minambiente.it))

**Stato di conservazione degli habitat di interesse comunitario:** Nonostante sulla costa adriatica gli habitat dunali sono stati gravemente danneggiati e ridotti (Malavasi et al.2013) sulla costa molisana gli habitat di avanduna si trovano in buono stato di conservazione. Sulle dune mobili più interne vi è una fitta macchia a ginepro coccolone ed arbusti della macchia mediterranea, quali fillirea, ranno, lentisco, che costituiscono un’efficace barriera naturale agli ambienti retrodunali.

Nel retroduna pianeggiante l'impatto delle opere di bonifica e l'agricoltura intensiva hanno ridotto fortemente la distribuzione dei diversi habitat d’interesse comunitario. L'ambiente di foce del fiume Saccione, fortemente artificializzato, per la costruzione di strade e cementificazione degli argini, limita lo sviluppo degli habitat legati alle sponde del fiume.

Le specie floristiche a maggior rischio di estinzione locale si concentrano nei pratelli interdunali come l’*Alkanna tinctoria* e la *Malcolmia ramosissima*. Le specie al limite settentrionale del loro areale di distribuzione, sul litorale adriatico, si trovano principalmente nella macchia mediterranea delle dune fisse come *Erica multiflora*, *Helianthemum jonium*, *Cytinus ruber*, e nei pratelli interdunali come *Verbascum niveum subsp. garganicum*, *Artemisia campestris subsp. variabilis*, *Alkanna tinctoria* (Stanisci et al, 2008). Di rilevante importanza è la presenza di *Glacium flavum*, riferibile all’habitat “3250 - Fiumi mediterranei a flusso permanente con *Glacium flavum*”, estremamente raro lungo il litorale adriatico italiano e la presenza di lembi di boschi sempreverdi retrodunali, i quali vanno a completare l’integrità floristica e strutturale della sequenza di comunità vegetazionali, che caratterizza gli ecosistemi dunali ben conservati (Stanisci et al, 2008; Gehù & Biondi, 1994; Biondi 1999).

Nell' ambiente dunale la fauna più rappresentativa è costituita dall'avifauna che, in particolar modo nel periodo migratorio, frequenta la battigia tra cui la Beccaccia di mare (*Haematopus ostralegus*), il Corriere piccolo (*Charadrius dubius*), il Corriere grosso (*Charadrius hiaticula*) e il Gamberchio (*Calidris minuta*). Sono diverse le specie marine che trovano rifugio sulla spiaggia come il Gabbiano Reale (*Larus michahellis*), Gabbiano comune (*Larus ridibundus*), e il Gabbiano corallino (*Larus melanocephalus*). Inoltre, la presenza di ciottoli insieme all'instaurarsi di una vegetazione bassa e rada crea caratteristiche di elevata idoneità per la presenza di numerose nicchie per la nidificazione del Frattino (*Charadrius alexandrinus*). Nell'ambito dei rettili la tartaruga comune (*Caretta caretta*) costituisce una presenza costante nelle acque prospicienti la costa ma non sono mai stati rilevati segni di nidificazione.

Nell'ambiente retrodunale, spesso alterato dalla presenza antropica con opere di urbanizzazione, di bonifica, di drenaggio e di messa in coltura, oltre la testuggine di Hermann è presente anche la testuggine d'acqua dolce (*Emys orbicularis*).

L'area ospita anche una ricca avifauna caratteristica degli ambienti umidi costieri (De Lisio et al., 2008).

### **Minacce:**

I sistemi costieri sabbiosi sono ambienti molto rilevanti dal punto di vista ecologico, biologico e paesaggistico per la presenza, in aree ristrette, di numerose comunità vegetali e fauna altamente specializzate. Allo stesso tempo, questi sistemi sono molto vulnerabili e fortemente minacciati da diversi fattori come l'erosione costiera, il cambiamento climatico, il turismo e le specie esotiche invasive. A livello europeo si assiste ad un degrado generale degli ecosistemi costieri, in particolare in ambiente mediterraneo, che compromette, oltre che il valore paesaggistico e biologico, anche gli importanti servizi ecosistemici che essi offrono.

La costa del Molise è sottoposta ad una pressione costante, quasi un quarto della popolazione molisana vive a meno di 20 km dal mare e le risorse della zona litoranea producono gran parte della ricchezza economica del Basso Molise (Lucchese, 2008). L'area della macchia è frammentata dalla linea ferroviaria Bologna-Lecce e dalla Strada Statale Adriatica, che in questo tratto corrono vicine e parallele a poche decine di metri dalla costa.

Fattori di alterazione della macchia sono costituiti dalle escavazioni di sabbia, dagli incendi e dagli interventi di forestazione che sono stati realizzati lungo tutta la fascia costiera compresa tra il mare e la ferrovia a partire dal 1907 (Izzi, 2003)

Le dune hanno subito gravi danni a seguito di un incendio verificatosi nel mese di luglio 2007, che ha interessato un tratto di circa 2,5 km posto a sud del Camping Marinelle e che ha bruciato un'area di 245.000 m<sup>2</sup>. Inoltre, il litorale molisano versa in un evidente stato di erosione (Fig.2.3), che si è manifestato in modo crescente negli ultimi 50 anni e che ha portato ad una notevole frammentazione degli originari sistemi dunali (Iannantuono 2002, Aucelli et al, 2003).



Fig.2.3 Dinamica evolutiva delle coste del Molise (Immagine tratta da "Monitoraggio della diversità vegetale negli ambienti sabbiosi costieri del Molise" Izzi et al., 2007)

## Studio pilota

Da luglio a novembre 2009 è stato compiuto uno studio pilota preliminare nel territorio del Basso Molise utile definire l'area ottimale per il transetto di monitoraggio a lungo termine delle testuggini di Herman.

Lo studio pilota si è articolato nelle seguenti fasi:

- Ricerca bibliografica;
- Acquisizione delle conoscenze pregresse di presenza (Bibliografia, progetto INTEREGG, dati museali, segnalazioni varie);
- Analisi degli areali di distribuzione di *Testudo hermanni hermanni*;
- Caratterizzazione floristico-vegetazionale dell'habitat prioritario 2250\* "Dune costiere con *Juniperus spp*";
- Interviste sul posto sugli avvistamenti di testuggini e la gestione delle aree costiere
- Realizzazione di un modello di idoneità ambientale per la testuggine di Herman;



## **Il modello d'idoneità ambientale per la Testuggine di Hermann**

Al fine di definire la distribuzione potenziale di *Testudo hermanni hermanni* nell'area di studio è stato realizzato un modello di idoneità ambientale (Fig.2.5) applicato ai tre siti d'importanza comunitaria ricadenti nella costa molisana ("Foce Trigno-Marina di Petacciato" IT7228221; "Foce Biferno- Litorale di Campomarino" IT7222216; " Foce Saccione-Bonifica Ramitelli" IT7222217) .

Un modello di idoneità ambientale permette di integrare e sintetizzare le relazioni specie-ambiente e rappresenta un valido strumento di supporto alle indagini conoscitive e ai progetti di conservazione e gestione territoriale.

I modelli di idoneità sono basati su un approccio deterministico (o *expert based*) o su un approccio inferenziale (Corsi et al., 2000). Il primo, utilizzato in questo studio, è da preferire quando il modello sia riferito ad aree poste alla periferia dell'areale della specie, quando i dati di presenza siano scarsi e quando siano sufficientemente note le relazioni specie habitat (Boitani et al., 2002; 2008; Catullo et al., 2008; Rondinini e Chiozza, 2010).

Per la realizzazione del modello è stata considerata la base dati proposta nella Rete Ecologica Nazionale (Boitani et al, 2002), come segue:

- Schema di attività: diurno.
- Struttura sociale: non nota.
- Dimensione dell'home range: 100 mq.
- Distanza percorsa in un ciclo di attività: 200 mq.
- Distanza percorsa in fase di dispersione: 200 m.

Anche per l'attribuzione delle classi di idoneità ambientale alle categorie Corine Land Cover al terzo livello abbiamo seguito le stesse indicazioni (Boitani et al.,2002), con la modifica apportata dalla Regione Molise (2007) alla voce "2.4.3 Aree agricole interrotte da vegetazione naturale", che è stata ridotta dalla categoria 2 alla categoria1 (Tab. 2.2).

Le categorie Corine Land Cover (CLC) sono state riclassificate in quattro classi di idoneità per la testuggine:

- 0 = NON IDONEO (non soddisfa le esigenze ecologiche della specie);
- 1 = BASSA IDONEITA' (può sostenere la presenza della specie);

- 2 = MEDIA IDONEITA' (può sostenere la presenza stabile della specie);
- 3 = ALTA IDONEITA' (ottimale per la presenza stabile della specie).

NON IDONEO	BASSA IDONEITA'	MEDIA IDONEITA'
<b>111 Tessuto urbano continuo</b> <b>112 Edificato urbano discontinuo</b> <b>121 Aree industriali o commerciali</b> <b>122 Reti stradali, ferrovie e infrastrutture tecniche</b> <b>123 Aree portuali</b> <b>133 Cantieri</b> <b>142 Aree sportive e ricettive</b> <b>211 Seminativi in aree non irrigue</b> <b>221 Vigneti</b> <b>222 Frutteti e frutti minori</b> <b>224 Altre colture permanenti</b> <b>241 Colture annuali associate a colture permanenti</b> <b>242 Sistemi colturali e particellari complessi</b> <b>3122 Bosco a prevalenza di pini montani e oromediterranei e montani (pino nero e laricio, pino silvestre, pino loricato)</b>	<b>141 Aree verdi urbane</b> <b>223 Oliveti</b> <b>231 Prati stabili (foraggiere permanenti)</b> <b>243 Aree prevalentemente occupate da colture agrarie con presenza di spazi naturali importanti</b> <b>244 Aree agroforestali</b> <b>311 Boschi di latifoglie</b> <b>313 Boschi misti di conifere e latifoglie</b> <b>3131 Boschi a dominanza di latifoglie</b> <b>3132 Boschi a dominanza di conifere</b>	<b>3121 Boschi a prevalenza di pini mediterranei e cipressi (pino domestico, pino marittimo, pino d'aleppo)</b>

Tab. 2.2 Classi del modello di idoneità ambientale per la *Testudo hermanni*

Alla realizzazione del modello di idoneità è seguito il confronto con i dati di presenza della specie che hanno permesso di valutarne la rappresentatività in accordo con la distribuzione reale.

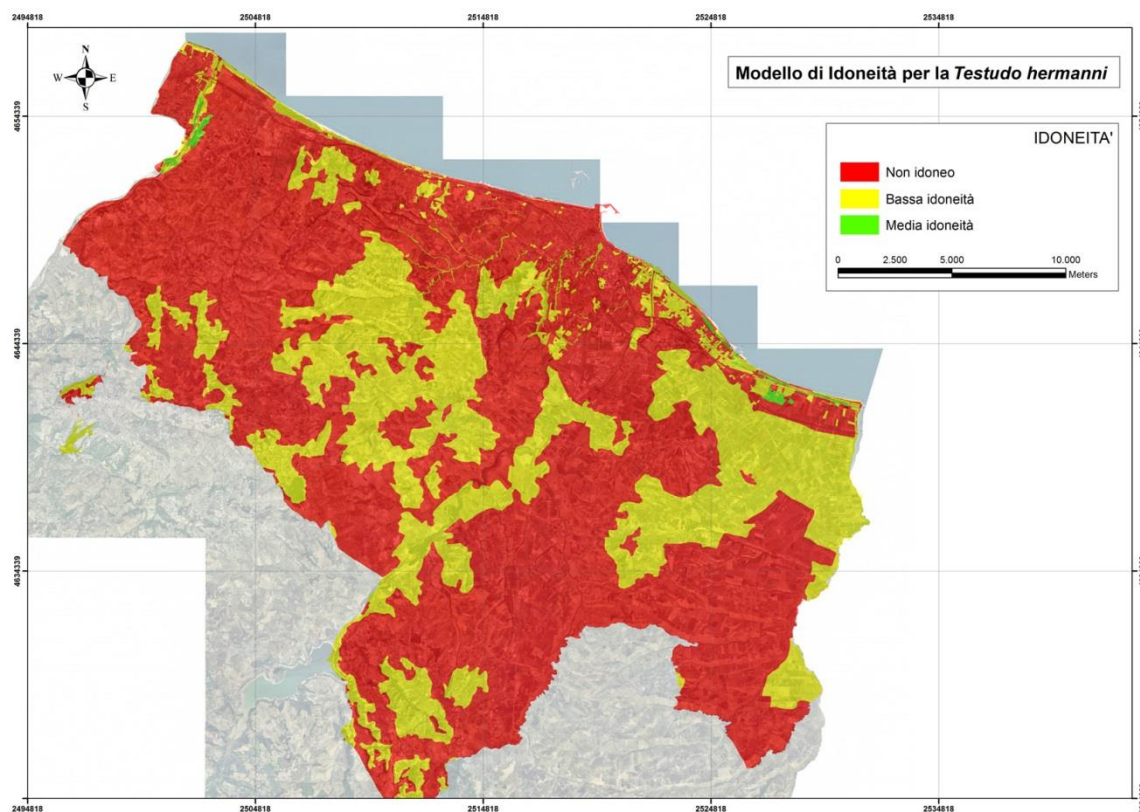


Fig.2.4 Modello di idoneità ambientale per la *Testudo hermanni hermanni*, sulla costa molisana

## Flora - Caratterizzazione floristico vegetazionale dell'habitat prioritario 2250\* "Dune costiere con *Juniperus* spp"

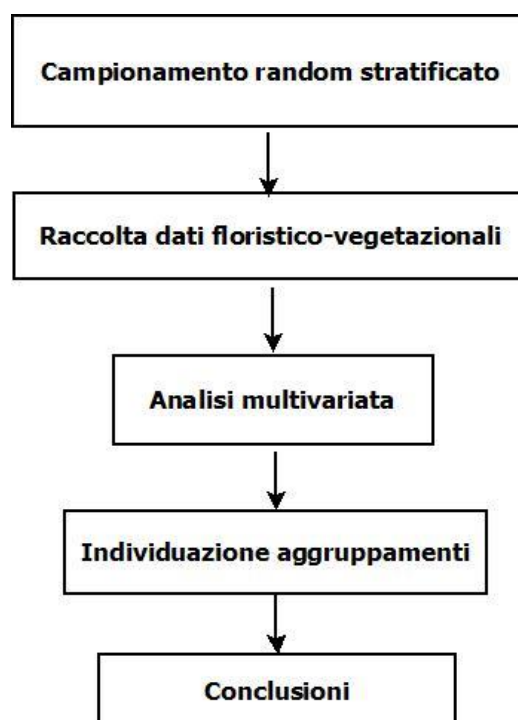


Fig. 2.5 diagramma di flusso della Caratterizzazione floristico vegetazionale dell'habitat prioritario 2250\* "Dune costiere con *Juniperus* spp"

Per la caratterizzazione dell'habitat prioritario "Dune costiere con *Juniperus* spp" abbiamo eseguito le seguenti fasi di lavoro(Fig.2.4):

1. *Selezione dei plot da campionare*: sulla base della cartografia degli habitat di interesse comunitario della costa molisana (Carranza et al. 2006; Izzi et al. 2009; Stanisci et al. 2007), si è proceduto all'estrazione di un numero di plots rappresentativo della variabilità all'interno della categoria habitat 2250\* "Dune costiere con *Juniperus* spp." e all'interno dell'area ad alta idoneità per la *Testudo hermanni*, stimato in 11 plot disposti random nei poligoni appartenenti a tale fisionomia di vegetazione.
2. *Raccolta dei dati floristico-vegetazionali*: in ciascuno degli 11 plot estratti si è svolto un rilievo su un quadrato 8x8 m, riportando dati stazionali e la lista delle specie di piante vascolari presenti. La fase di **raccolta dati** è stata svolta nei mesi primaverili ed estivi del 2009 e del 2010 e si è avvalsa di una scheda di campionamento, per ogni plot, ove sono stati raccolti:
  1. data;
  2. rilevatori;
  3. località;
  4. coordinate GPS (Wgs84\_33);
  5. tipologia di habitat;
  6. substrato;
  7. stato di conservazione;
  8. struttura della vegetazione.

I plot dei ginepreti sono stati tutti collocati nelle aree di alta idoneità ambientale per la *Testudo hermanni*.

Per ciascun plot è stato riportato l'elenco floristico delle specie censite con la relativa copertura espressa attraverso l'indice di abbondanza-dominanza (Tab.2.3) della scala di Braun Blanquet (1932).

Scala di Braun-Blanquet	Caratteri della specie considerata
R	Un solo individuo
+	Generalmente 2-5 individui
1	Più di 5 individui e copertura inferiore al 5%

2	Copertura superiore al 5% e inferiore al 25%, qualsiasi numero di individui
3	Copertura 26-50%
4	Copertura 51-75%
5	Copertura 76-100%

Tab 2.3 Scala di Braun Blanquet: indice di abbondanza-dominanza

### 3. Riconoscimento delle specie vegetali

Alla fase di ricerca e di raccolta è seguita in laboratorio la determinazione delle specie non conosciute attraverso l'ausilio del microscopio binoculare e delle chiavi diagnostiche presenti nei volumi della Flora d'Italia di S. Pignatti (1982), ove sono riportate le caratteristiche di ciascuna famiglia e di ciascun genere, la descrizione delle specie e il loro disegno a tratto che mette in evidenza il portamento della pianta ed i particolari del fiore e del frutto o dell'apparato vegetativo che sono più significativi come caratteri diagnostici.

La nomenclatura è stata aggiornata secondo la Check-list di Conti et al. 2005.

### 4. Analisi multivariata dei dati raccolti

Le 68 entità floristiche, derivanti dagli 11 plot campionati, sono state inserite in una tabella brutta "specie x rilievi" e sono state analizzate attraverso tecniche di analisi multivariata, Syntax V (Podani, 1995), per poi esprimere graficamente, attraverso un dendrogramma, le relazioni che esistono tra le diverse unità statistiche. Nell'elaborazione automatizzata i valori di copertura della scala di **Braun-Blanquet**, sono stati trasformati in una scala di tipo ordinale come proposto da **van der Maarel** (1979):  $5 \rightarrow 9$ ;  $4 \rightarrow 7$ ;  $3 \rightarrow 5$ ;  $2 \rightarrow 3$ ;  $1 \rightarrow 2$ ;  $+$   $\rightarrow 1$ ;  $r \rightarrow 0$ .

I raggruppamenti delle unità statistiche sono stati rappresentati attraverso un **dendrogramma**, ove nell'asse delle ascisse è stata riportata la distanza logica dei clusters, mentre nell'asse delle ordinate il livello gerarchico di aggregazione.

La scelta del livello gerarchico (del valore dell'asse Y) definisce la partizione rappresentativa del processo di aggregazione in modo di "arrangiare" gli oggetti in gruppi per facilitarne la descrizione.

Gli scopi della classificazione sono:

- fornire informazioni sulla ***copresenza delle specie*** (analisi della struttura interna dei dati);
- ipotizzare ***tipi di comunità*** per studi descrittivi (sintassonomici, cartografici, etc.);
- studiare le ***relazioni tra le comunità e l'ambiente*** tramite l'analisi dei gruppi formati dalla classificazione rispetto alle variabili ambientali (analisi esterna).

E' un processo automatico ove le classi vengono create in base alla somiglianza o dissomiglianza tra gli oggetti, la quale è funzione del comportamento delle variabili: due oggetti possono essere simili per quel che riguarda una variabile e dissimili per quel che riguarda un'altra (due oggetti sono uguali se tutti i valori delle stesse variabili concordano).

Idealmente la somiglianza tra due oggetti o variabili dovrebbe esprimere la loro relazione ecologica; la dissimilarità (distanza) non è altro che il complemento della somiglianza:  $(1 - \text{somiglianza})$ .

Mediante l'ausilio del programma Syntax V (Podani,1995) i dati floristico vegetazionali (Tab.2.4) raccolti negli 11 plot campionati sono stati elaborati e sintetizzati graficamente attraverso un dendrogramma (Fig.2.5).

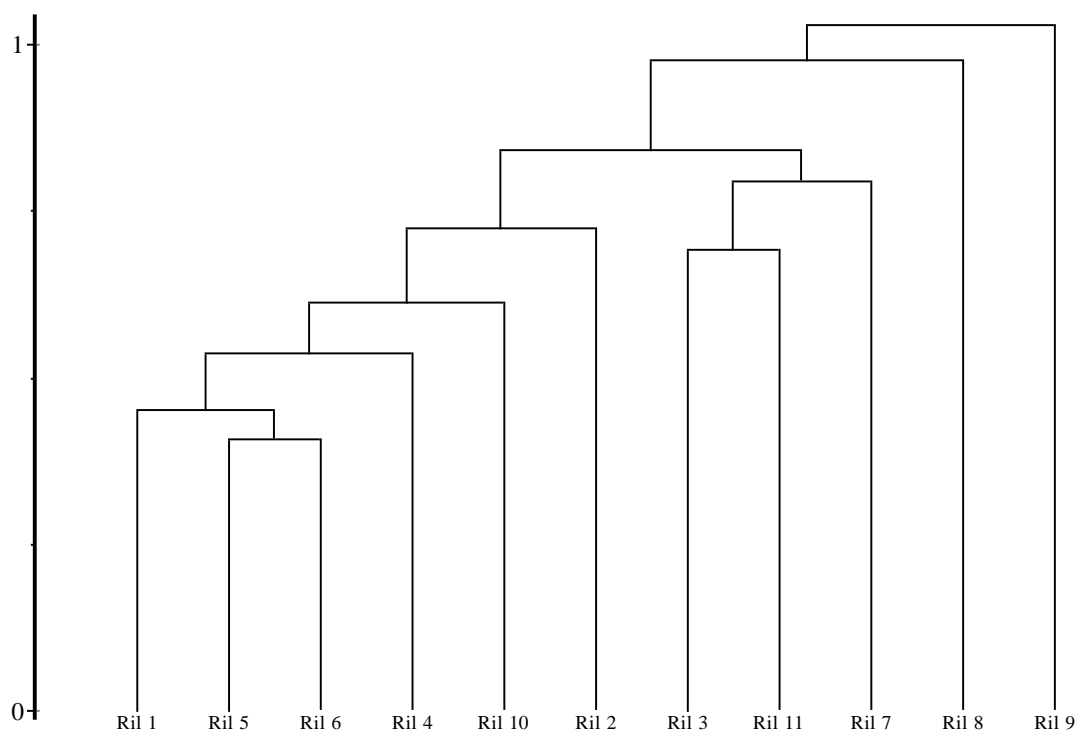


Fig. 2.5 Dendrogramma risultante dall'analisi multivariata dei plot

Elenco specie	Ginepreti pionieri di dune mobili						Ginepreti retrodunali			Ginepreti retrodunali disturbati	
	ril 1	ril 5	ril 6	ril 4	ril 10	ril 2	ril 3	ril 11	ril 7	ril 8	ril 9
<i>Juniperus oxycedrus subsp macrocarpa</i>	4	5	5	5	5	4	4	4	4	4	3
<i>Phyllirea latifolia</i>		+	1		1	2	2	2	1	2	4
<i>Asparagus acutifolius</i>	+			+	1			2	1	2	1
<i>Elymus farctus</i>	+	+	+		+	+		+			1
<i>Lotus creticus</i>	+	+	+		+	+			1	1	
<i>Rhamnus alaternus</i>			1		1			2	2	3	1
<i>Cistus creticus</i>					+			1	2	2	2
<i>Conyza canadensis</i>					+			1	1	2	1
<i>Osyris alba</i>						+	+	1		1	1
<i>Silene vulgaris</i>			+		+	+			1	2	
<i>Smilax aspera</i>					1			1	1	3	1
<i>Largus ovatus</i>				+	1					1	1
<i>Lonicera implexa</i>							2	2	1	1	
<i>Pinus halepensis</i>	2		1		1				2		
<i>Quercus ilex</i>					1	3			1	3	
<i>Sporobolus pungens</i>	+	1	+		1						
<i>Cistus salvifolius</i>				+						1	1
<i>Erica multiflora</i>							2	2			1
<i>Pistacia lentiscus</i>					1			2		1	
<i>Rosmarinus officinalis</i>							2	1	3		
<i>Rubia peregrina</i>					1			+		2	
<i>Silene canescens</i>					+				1		1
<i>Sixalis atropurpurea</i>				+	+	+					
<i>Vulpia fasciculata</i>			+		+						1
<i>Acacia saligna</i>									1	1	
<i>Arenaria serpyllifolia</i>				+			+				
<i>Cyperus capitatus</i>	+	+									
<i>Galactides tomentosa (elegans)</i>										1	1
<i>Halimium halimifolium</i>							2				1
<i>Lophochloa cristata</i>			+							1	
<i>Pancratium maritimum</i>	+									1	
<i>Phelum arenarium</i>	+	+									
<i>Teucrium sp.</i>				+							1
<i>Allium sp.</i>											1
<i>Asperula sp.</i>								+			
<i>Avena barbata</i>											1
<i>Bromus erectus</i>				+							
<i>Catapodium maritimum</i>											1

<i>Catapodium rigidum</i>				+							
<i>Centarium erythrea</i>											1
<i>Cerastium semidecandrum</i>									1		
<i>Clematis flammula</i>										1	
<i>Corynephorus canescens</i>											1
<i>Dorycnium hirsutum</i>									1		
<i>Erodium laciniatum</i>										3	
<i>Eryngium maritimum</i>				+							
<i>Fumana thymifolia</i>											1
<i>Oryzopsis miliacea</i>						1					
<i>Helianthemum jonium</i>											1
<i>Hypochoeris achyrophorus</i>											1
<i>Linum sp</i>											1
<i>Lolium perenne</i>					+						
<i>Micromeria graeca</i>											1
<i>Ononis diffusa</i>											1
<i>Phalaris arundinacea</i>										1	
<i>Petrorhagia</i>											1
<i>Picris hieracioides</i>										2	
<i>Pinus pinaster</i>										3	
<i>Plantago lagopus</i>											1
<i>Polycarpon tetraphyllum</i>					+						
<i>Sarcocornia fruticosa</i>					+						
<i>Senecio sp.</i>								+			
<i>Sherardia arvensis</i>						+					
<i>Sinapsis alba</i>											1
<i>Sonchus oleraceus</i>										1	

Tab.2.4 Elenco delle specie rilevate con relativa abbondanza- dominanza espressa secondo la scala di Braun Blanquet

Dall' analisi multivariata è emerso che i plot di ginepreto sono classificabili in due grandi gruppi ecologici associati alla loro distribuzione spaziale lungo la zonazione delle comunità dunali in relazione con la distanza dal mare.

Il primo gruppo si riferisce ai ginepreti pionieri sulle dune mobili (avanduna) che ospitano specie psammofile delle comunità erbacee di avanduna (*Elymus farctus*, *Sporobolus pungens*, *Cyperus capitatus*, *Phelum arenarium*). La ricchezza di specie totale è pari a 11 e costituisce il valore minore riscontrato.

Il secondo gruppo si riferisce ai ginepreti retrodunali che danno luogo ad una vera e propria macchia mediterranea ricca di specie arbustive (*Cistus creticus*, *Erica multiflora*, *Pistacia lentiscus*, *Rosmarinus officinalis*, *Rhamnus alaternus*) e specie lianose(*Lonicera implexa*, *Smilax aspera*). La



ricchezza media di specie per rilievo è più alta (pari a 14) a causa della loro posizione più protetta rispetto ai venti salsi e per via di suoli maggiormente evoluti.

Alcuni ginepreti retrodunali sono risultati maggiormente soggetti a disturbo antropico in quanto ospitano specie ruderali (*Galactites tomentosa (elegans)*, *Avena barbata*) e specie esotiche (*Conyza canadensis*, *Acacia saligna*). L'ingresso di tali specie determina un'elevato valore medio di specie per plot, pari al doppio di quello registrato per i ginepreti di avanduna.

### **Transetto di monitoraggio**

Sulla base dello studio pilota il transetto per il monitoraggio di *Testudo hermanni*, ampio circa 50 m e lungo 1 km, è stato realizzato nella località Nuova Cliternia (Fig. 2.5), ricadente nel sito SIC " Foce Saccione-Bonifica Ramitelli IT7222217" del Comune di Campomarino. Per intercettare diversi habitat dunali il transetto è stato posizionato obliquo alla linea di costa, con un angolazione di circa 30 ° rispetto alla linea di riva con direzione nord-ovest sud-est (Fig.2.6) (Tab. 2.3).



Fig. 2.6 Transetto di monitoraggio di *Testudo hermanni* nel SIC " Foce Saccione-Bonifica Ramitelli" IT7222217

Si è proceduto poi alla mappatura di dettaglio degli habitat dunali (a scala 1: 500), sulla base dei rilevamenti floristico-vegetazionali condotti nel 2009 e della carta degli habitat di interesse comunitario a scala 1:5000 (Stanisci et al. 2006). La carta (Fig.2.7; tab.2.5) è stata realizzata in ambiente GIS, con foto interpretazione di ortofoto del 2009.

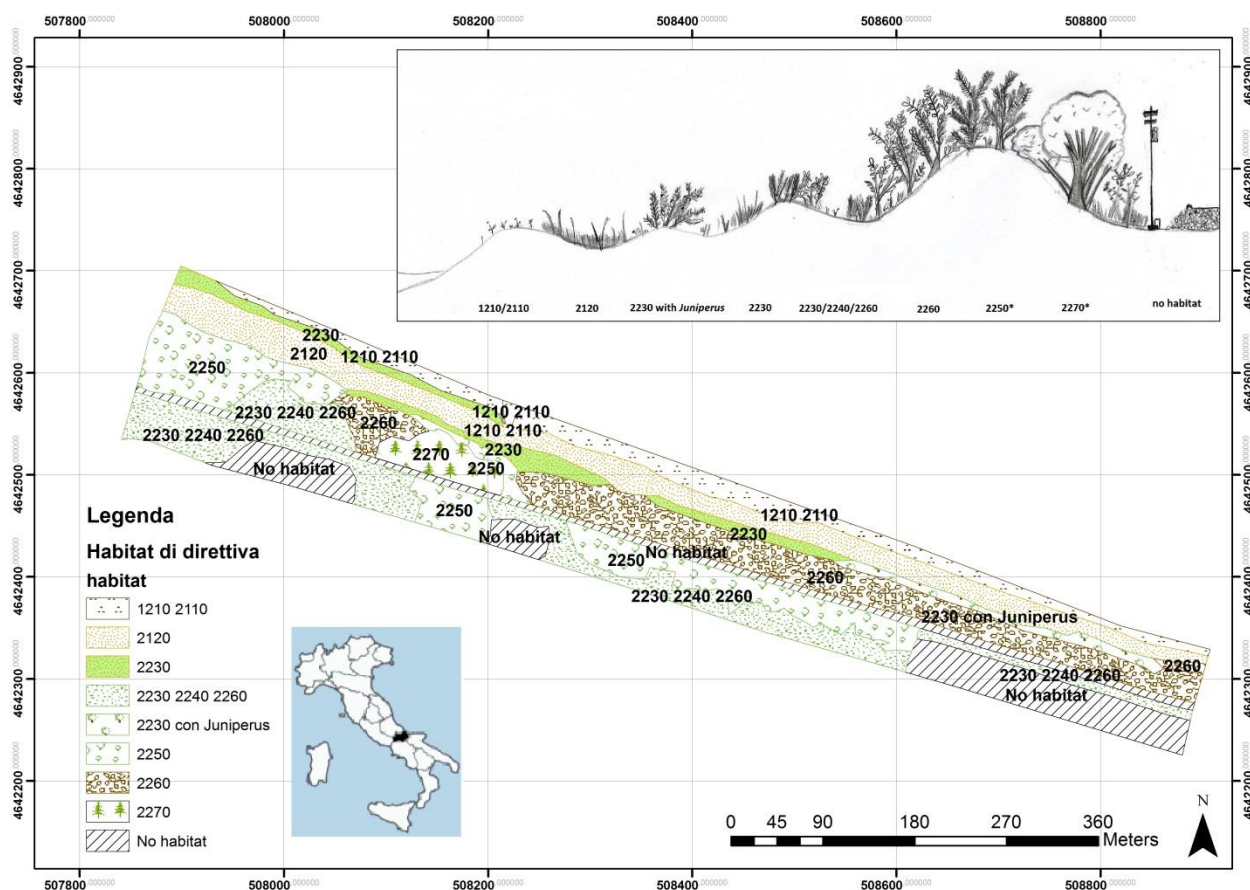


Fig.2.7 Cartografia di dettaglio degli habitat dunali presenti nell'area di monitoraggio.

Habitat	Area (m <sup>2</sup> )
<b>Antropizzato</b>	8162,442
<b>Dune mobili litorali con presenza di <i>Ammophila arenaria</i></b>	16394,75
<b>Dune costiere con <i>Juniperus</i> spp.</b>	13310,02
<b>Vegetazione annua delle linee di deposito marine e Dune mobili embrionali</b>	7919,962
<b>Dune con prati di <i>Malcolmatalia</i>, Dune con prati dei <i>Brachypodietalia</i> e vegetazione annua e Dune con vegetazione di sclerofille dei <i>Cisto-Lavenduletalia</i></b>	4844,713
<b>Totale</b>	50631,89

Tab 2.5 – Elenco degli habitat attraversati dal transetto di 1 km x 50 m, in località Nuova Cliternia

Il transetto è attraversato dalla linea ferroviaria Bologna-Lecce e confina a nord est con lo stabilimento balneare del villaggio turistico "Happy family", a sud-ovest con la Strada Statale Adriatica.

**Metodo di campionamento:** Cattura Marcatura Ricattura

Lo studio della dinamica di popolazione è stato eseguito con il metodo di Cattura Marcaggio e Ricattura (Lebreton et al., 1992; Williams, 2002; Loy et al., 2007). Questo metodo è stato scelto perché ci permette di identificare singolarmente gli esemplari in modo da consentire l'applicazione di stime numeriche per popolazioni aperte (Williams et al, 2002), sia per monitorare i singoli individui nel tempo (variazioni biometriche, ponderali) e nello spazio. Tutti i siti di cattura sono stati georeferiti ed è stata presa nota della flora circostante il punto di rinvenimento dell'esemplare.

### Tempi

Le sessioni mensili CMR sono iniziate a marzo 2010 e si sono concluse nel 2014 (Tab.2.6). Ogni sessione di campo si è protratta per cinque giorni consecutivi durante il periodo di attività degli animali. Nei mesi più caldi i rilevamenti si sono concentrati nelle ore più fresche all'alba e al mattino, mentre durante la primavera e l'inizio dell'autunno nelle ore centrali più calde (Cheylan,1981; Mazzotti,2007).

Anno	N° di sessioni	Periodo di campionamento
2010	8	marzo / ottobre
2011	2	maggio - giugno
2012	3	maggio- giugno - settembre
2013	5	Aprile/luglio . - Settembre- Ottobre
2014	3	maggio- giugno

Tab. 2. 6 Calendario delle sessioni rilevamento.

Il rilevamento è stato effettuato a passo costante con una velocità media di circa 1,5 km/h, e con una traiettoria sinusoidale che ha consentito, con una buona approssimazione, il monitoraggio dell'intera area del transetto (1000 x 50 m) in ciascun giorno di ogni sessione.

### Metodi di stima della popolazione

La stima dell'abbondanza di popolazione rappresenta un aspetto di fondamentale importanza ed elevata complessità nell'ecologia delle popolazioni animali. I metodi applicabili agli studi che prevedono Cattura, Marcatura e Ricattura (CMR) sono stati analizzati criticamente da Nichols J. e Pollock K. (1983) i quali raccomandano l'adozione di stimatori basati su modelli probabilistici anziché i più diffusi metodi enumerativi. Come precedentemente già detto nel paragrafo "Problematiche e limiti relativi alle tecniche di stima delle popolazioni di *Testudo hermanni*" la stima dell'abbondanza di popolazione rappresenta un aspetto di elevata complessità nell'ecologia della *Testudo hermanni* in quanto è una specie con grandi variazioni di attività e bassa probabilità di rilevamento (Couturier et al., 2013).

La stima di Licoln-Petersen (White et al., 1982; Schwarz e Seber, 1999) è indicata per popolazioni chiuse. Il metodo fornisce stime attendibili della dimensione delle popolazioni e degli intervalli fiduciali se si realizzano alcune principali assunzioni (Strandgaard 1972, Caughley 1977, Seber

1982): 1) popolazione chiusa, 2) uguale probabilità di ricattura o di avvistamento per tutti gli individui e specialmente per i marcati o non marcati, 3) il numero di individui marcati nella popolazione è conosciuto in ogni momento.

Il metodo si basa sulla possibilità di catturare un certo numero di individui nelle popolazioni oggetto di studio, di marcarli e liberarli e, successivamente, di operare una seconda cattura in cui possano venire ricatturati, oltre a una parte di individui catturati la prima volta, un certo numero di individui non ancora catturati. Se si assume che gli individui catturati la prima volta, marcati e rilasciati si siano distribuiti uniformemente nell'area di studio nel tempo intercorrente tra la prima e la seconda cattura, si può ritenere verosimile che la proporzione di animali marcati sul totale dei catturati la seconda volta sia in media uguale alla proporzione dei catturati la prima volta sul totale della popolazione, cioè:

$$P_i = (n_i * n_{i+1}) / m_{i+1}$$

Dove:  $P_i$  = dimensione della popolazione al giorno  $i$

$n_i$  = individui catturati, marcati e rilasciati il giorno  $i$

$n_{i+1}$  = numero di individui catturati la seconda volta, cioè il giorno  $i+1$

$m_{i+1}$  = numero di individui marcati ricatturati il giorno  $i+1$

Affinché tale identità sia vera, occorre che si verifichino le seguenti condizioni: a) gli animali marcati devono uniformemente mescolarsi con quelli non marcati; b) gli animali marcati devono essere sotto ogni aspetto come quelli non marcati; c) non ci deve essere incremento o decremento degli individui della popolazione tra la prima e la seconda cattura.

Secondo alcuni autori il metodo ha delle forti limitazioni in quanto può essere usato solo in popolazioni chiuse e con un numero di individui marcati che deve arrivare tra 1/5 e 2/3 della popolazione (Andersen 1962, Seber 1973, Strandgaard 1972, Gaillard et al. 1986, Meriggi 1989).

Per la stima delle popolazioni aperte spesso viene utilizzato il metodo Jolly-Seber (Williams et al, 2002). Tale metodo, rispetto al Lincoln Petersen risulta più complesso, prende in esame le ricatture individuali degli esemplari marcati. Gli assunti di tale metodo sono che ogni individuo, marcato e non marcato, ha la stessa probabilità di essere catturato durante un campionamento; ogni individuo marcato ha la stessa probabilità di sopravvivere tra un campionamento e quello successivo; gli individui non perdono la loro marcatura; i marcati non sono trascurati alla cattura; il tempo di campionamento è irrilevante in relazione all'intervallo tra i campionamenti (Williams et al., 2002).

Per la stima della popolazione con questo metodo i parametri principali da considerare sono i seguenti:

- $R_t$  indica il numero degli individui rilasciati durante la sessione  $t$  e catturati di nelle successive sessioni, è dato dalla somma dei valori situati sulla riga corrispondente alla sessione  $t$ . Ad esempio per la sessione 1 è dato dalla somma di  $1+2+0+0+0+2=5$ .
- $Z_t$  indica il numero degli individui marcati prima della sessione  $t$ , non catturati in tale sessione, ma ricatturati durante le sessioni successive a quella  $t$ , è dato dalla somma dei valori situati al di sopra della riga corrispondente alla sessione  $t$  e a destra della colonna corrispondente alla sessione  $t$ . Ad esempio  $Z_3$  equivale a 2 ed è dato dalla somma degli animali catturati nella prima sessione e ricatturati nelle sessioni successive alla terza ( $0+0+0+2$ ) più gl'animali catturati nella seconda sessione e ricatturati nelle sessioni successive alla terza ( $0+0+0+0$ ).
- $\alpha_t$  indica la stima della porzione della popolazione marcata al tempo  $t$  è stata calcolata con la seguente formula:  $(m_{t+1})/(n_{t+1})$ .  $M_t$ , che corrisponde alla stima della popolazione marcata prima del tempo  $t$ , è data da  $((s_{t+1})Z_t)/(R_{t+1})+m_t$ .

Sulla base di questi parametri viene stimato  $N_t$  che fornisce una stima della popolazione al tempo  $t$  ed è dato da  $M_t/\alpha_t$ . La densità della popolazione è stata calcolata facendo una media dei valori di  $N_t$  per ogni sessione.

In questo studio per stimare la popolazione è stato utilizzato sia il modello Lincoln Petersen che il modello Jolly Seber. Per quest'ultimo le analisi sono risultate molto complesso e sono tutt'ora in corso di elaborazione.

## **Radiotelemetria**

Nell'autunno del 2012 e nella primavera del 2013 un campione di 9 testuggini (5 maschi e 4 femmine) è stato dotato di una radiotrasmittente VHF (Very High Frequency, SOPR 2380 Transmitters – Wildlife Materials).

Poiché le trasmissioni hanno un peso medio di 5 g per la scelta degli esemplari abbiamo tenuto conto di un peso minimo di 100 g in quanto la trasmissioni non deve superare il 10% del peso dell'animale, ma attualmente si tende ad utilizzare trasmissioni che non superino il 5% del peso.

Una volta sessati, pesati, misurati e dotati di trasmissioni gli esemplari sono stati immediatamente rilasciati nel sito di cattura. Gli esemplari sono stati localizzati grazie ad una radioricevente

(modello R 1000 Telemetry Receiver (w/220 148-152 Mhz) della Communications Specialist) connessa ad un'antenna Yagi .

Sono state svolte sessioni mensili di rilevamento della durata di 7/8 giorni da Aprile a Gennaio. Ogni esemplare è stato localizzato da un minimo di 7 ad un massimo di 8 localizzazioni/ mese. Nell'arco di un mese gli animali sono stati monitorati ogni due ore nel loro ciclo di attività diurna (con una durata massima di 15 ore). Inoltre, durante il periodo di attività (Aprile-Ottobre) una volta al mese ciascun animale è stato localizzato continuamente (ogni 2 ore) nell'arco di tutta l'attività diurna.

Esistono differenti tecniche per effettuare le localizzazioni, la scelta di quella più idonea dipende soprattutto dalle caratteristiche dell'animale preso in esame.

In genere nei lavori di radiotelemetria le localizzazioni degli animali vengono fatte per mezzo di triangolazioni, ovvero la posizione viene ricavata dall'intersezione di due direzioni da cui si è captato il segnale (Amlaner e Macdonald, 1980). Le coordinate del punto di ritrovamento delle testuggini sono state prese utilizzando un GPS (Global Positioning System), ed espresse secondo il sistema UTM (Universale Trasverso di Mercatore), fuso 33.

Per l'analisi dei dati spaziali è stato utilizzato il software ArcMap. L'analisi delle localizzazioni è stata effettuata adoperando la specifica estensione Animal Movement che ha permesso di analizzare i dati relativi agli home range e ai movimenti degli animali.

### **Stima dell'home range**

Una delle prospettive offerte dalla radiotelemetria è quella di indagare, con notevole precisione e inducendo relativamente poco disturbo, sull'uso dello spazio fatto dagli animali. In questo contesto risultano fondamentali alcune definizioni relative al rapporto animale-ambiente. Esistono tre modi in cui gli animali possono essere distribuiti nello spazio: casuale, concentrato e regolare. Considerando che la distribuzione casuale appare molto rara nei vertebrati, la scelta tra distribuzione regolare e concentrata è correlata alla distribuzione delle risorse (uniforme o concentrata). In generale, la vicinanza o la lontananza estreme sono svantaggiose in termini di sforzo riproduttivo e aggressività, e la selezione naturale favorirà modelli di distribuzione che rendono massima la fitness individuale (Barash, 1977).

Wilson (1975) distingue diversi termini: total range, territorio, home range, core area. Il total range è l'area coperta da un individuo durante la sua vita (Goin e Goin, 1962). L'home-range è stato inizialmente definito come "la zona attraversata dal singolo individuo nel compimento delle

sue normali attività di ricerca del cibo, accoppiamento e cura dei giovani” (Burt 1943). Questa definizione include il sito di nidificazione ma anche altre aree dove un animale può espletare per esempio le fasi del corteggiamento o interagire con altri individui della stessa e di altre specie (Burnham et al.1989; Mañosa et al.1998; Balbontin 2005), l’area ove un animale percorre le sue normali attività di ricerca di cibo, di riproduzione, di cura della prole (Burt, 1943).

Gli individui di alcune specie, o probabilmente di molte specie, hanno delle “mappe conoscitive” dell’area in cui essi vivono (Peters, 1978): conoscono la distribuzione delle differenti risorse e caratteristiche all’interno dell’ home range e sanno come muoversi all’interno di quest’ultimo. Si può immaginare la “mappa conoscitiva” dell’ home range di un animale, come il risultato di una sovrapposizione del contorno di più mappe, ad esempio quella delle risorse alimentari, quella delle vie di fuga, quella degli home range di individui dell’altro sesso e così via.

La propensione di un animale a sostenere i costi per rimanere in un’area familiare, implica che quest’area deve portare a dei benefici in termini di fitness, che devono essere maggiori dei costi (Stamps, 1995). Stamps (1995) ha individuato la ragione chiave per la quale un animale si stabilisce e mantiene un home range:

$$CD + CR \leq B$$

Ove:

- CD è il costo energetico dell’attività giornaliera;
- CR è il costo di mantenimento dell’home range;
- B sono i benefici scaturiti dal mantenimento dell’ home range.

Se i costi eccedono i benefici per un breve periodo, l’animale può vivere in condizioni di bilancio negativo fino a quando non si verifica un cambiamento delle condizioni.

Se i costi eccedono i benefici per un lungo periodo, tali costi devono essere ridotti. L’estivazione o l’ibernazione sono strategie che alcuni animali usano per ridurre il costo energetico (CD). Riducendo il costo di mantenimento dell’home range (CR), si potrebbe portare anche ad una riduzione dei benefici scaturiti dal mantenimento dell’home range (B), perché i benefici sono ottenuti solo attraverso il mantenimento, la conoscenza e il monitoraggio dell’ home range, attività che risultano rientrare nei costi di mantenimento dell’home range (CR). Per evitare ciò,

occorre ridurre i costi di mantenimento attuando un incremento dell'efficienza, solo in questo modo non vengono ridotti i benefici. Se non si riescono a far diminuire i costi, l'animale non può sopravvivere usando le risorse locali, deve andare perciò in un altro luogo dove i benefici eccedono i costi, o diventare.

La "mappa conoscitiva" di un animale non è statica ma può subire dei cambiamenti nel tempo, dovuti alla capacità esplorativa dell'animale. Questi cambiamenti accadono velocemente perché un animale ha un' istantanea cognizione della sua mappa, ed è per questo che il suo home range non può essere quantificato come un concetto istantaneo: un home range deve essere definito per uno specifico intervallo temporale.

Un altro aspetto importante è costituito dalla definizione dei margini dell' home range di un animale. Per molti animali le aree marginali sono aree usate poco, ma conosciute; l'animale può effettivamente curarsi poco della precisione dei confini del suo *home range*, perché spende la maggior parte del suo tempo nella *core area*. Fatta eccezione per gli animali territoriali, la parte interna dell' *home range* è la più importante.

I confini dell' *home range* sono diffusi e generali, rendendo l'area di quest'ultimo difficile da misurare, quindi area e bordi sono imprecisi; questo in minima parte è dovuto anche al fatto che i confini non sono chiari neanche per gli animali stessi.

Un territorio è l'area occupata più o meno esclusivamente da un animale o un gruppo di animali, attraverso la difesa attiva rispetto ad individui conspecifici (Noble, 1939; Brown, 1964; Wilson, 1975).

Il territorio di un animale può essere l'intero home range o solo una parte di esso. I territori possono essere difesi tramite combattimenti, ma generalmente attraverso marcature, richiami o esibizioni (Kruuk, 1972; Smith, 1968), che risultano essere più sicuri ed economicamente ed evolutivamente più stabili (Lewis and Murray, 1993; Maynard Smith, 1976). I membri di molte specie, difendono territori individuali contro tutti i conspecifici; in altre specie invece, gli individui difendono i territori solo contro gli individui dello stesso sesso. In altre specie sono le coppie a difendere i territori; in altre ancora i territori sono difesi da gruppi familiari.



A prescindere da chi e da come viene difeso il territorio, questo comportamento sembra dipendere dalla produttività, dalla stabilità e dalla distribuzione delle risorse limitanti (Powell 1987).

Gli animali sono territoriali quando hanno una risorsa limitante, con questo termine si vuole indicare una risorsa critica che è presente in maniera ridotta e limita la crescita della popolazione (Brown, 1969). Quindi il principale regolatore del territorialismo è la risorsa limitante che stimola il comportamento territoriale. Le risorse limitanti possono essere varie, ma la più comune risulta essere il cibo; l'estensione del territorio tende a variare in maniera inversamente proporzionale con la disponibilità di cibo.

Il comportamento territoriale non è specifico: in alcune specie infatti gli individui difendono territori solo in alcune parti dell'home range e non in altre.

Un animale tende ad essere territoriale solo quando la produttività della sua risorsa limitante è compresa in un determinato intervallo di produttività. Quando la produttività si trova al di sotto del limite inferiore, il costo di difesa di un territorio non è risarcito attraverso l'accesso esclusivo alla risorsa limitante. Quando la produttività si trova al di sopra del limite superiore, i bisogni possono essere soddisfatti anche senza l'accesso esclusivo (Carpenter e MacMillen, 1976). Questo modello è ampiamente applicabile perché esprime chiaramente le condizioni limitanti richieste per il territorialismo: il modello economico è un buon approccio.

Se la produttività ricade nell'intervallo che presuppone il comportamento territoriale, sono due le strategie che possono essere applicate. Se le risorse necessarie sono distribuite uniformemente nell'habitat difeso, allora l'individuo potrebbe mantenere un territorio più piccolo di quello che avrebbe in un habitat meno produttivo (Hixon, 1982; Powell et al., 1997; Schoener, 1981). Se la risorsa dell'individuo è distribuita a macchie e il bilancio delle risorse non può essere raggiunto in un piccolo territorio, allora l'animale può avere una territorialità incompleta: l'individuo può mantenere l'accesso esclusivo solo nella parte del suo home range con le risorse più importanti.

La core area è l'area in cui si osserva la maggiore concentrazione di attività all'interno dell'home range (Kaufmann, 1962).

Porzioni particolari dell'home range devono essere più importanti di altre. La porzione dell'home range con la maggiore densità di risorse critiche è logicamente più importante delle aree con

poche risorse. Per la comprensione delle core area occorre considerare due aspetti (Powell et al., 1997; Seaman and Powell, 1990):

- la core area risulta essere usata più intensamente rispetto alle altre parti dell'home range, più utilizzata rispetto all'uso casuale: è evidente una netta sproporzione di utilizzo delle risorse;
- animali con home range di uguale estensione, ma con differenti usi potrebbero avere differenti estensioni di core area.

Una core area può essere determinata considerando la più piccola area con un'arbitraria probabilità di uso. Il problema principale di questa definizione, oltre alla sua soggettività, è che le core area così definite non sono strettamente collegate all'intensità di uso.

Samuel (Samuel et al., 1995) ha descritto un metodo oggettivo per individuarle: tutte le parti di un home range usate più intensamente rispetto alle altre parti usate uniformemente.

Per l'analisi dell'home range è stato utilizzato il metodo del minimo poligono convesso (MCP) che consiste nel disegnare il più piccolo poligono convesso possibile che collega tutte le localizzazioni più esterne in modo da non formare mai angoli concavi (Hayne, 1949). Questo metodo è il più utilizzato e il più semplice da disegnare, non richiede l'indipendenza delle osservazioni ed è stato ed è tuttora molto usato, quindi consente una comparazione tra studi diversi. Il Minimo Poligono Convesso (MPC) è costituito da un poligono i cui angoli sono le localizzazioni più esterne di un individuo soggetto a radio-seguimento. Ovvero in una serie di punti che rappresentano i vari fix di un individuo si prendono solo i punti più esterni che possono essere uniti per formare un poligono avente tutti angoli convessi.

# Selezione dell'habitat di *Testudo hermanni* in ecosistemi dunali della costa molisana

Fabiana BERARDO<sup>1</sup>, Massimo CAPULA<sup>2</sup>, Angela STANISCI<sup>1</sup>, Anna LOY<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Environmetrics Lab, Dipartimento di Bioscienze e Territorio, Università degli Studi del Molise, C.da Fonte Lappone, 86090 Pesche (IS);* <sup>2</sup>*Museo Civico di Zoologia, Via Aldrovandi, 18, 00197 Roma.* Corresponding author: [fab.berardo@hotmail.it](mailto:fab.berardo@hotmail.it)

**Abstract.** The focus of this work was to analyze fine distribution and habitat selection of a population of *Testudo hermanni* occurring in a coastal sand dune area of Molise (Campomarino, Campobasso Province, Southern Italy). The analysis was performed using the Jacob's preference index of frequencies of relative occurrence in seven EU habitat types. The analysis of 246 different spatial locations showed a marked preference of the local population for the EU habitat type "coastal dunes with *Juniperus* spp. (cod. 2250)", with two peaks of activity (March and July). The Jacob's preference index values for the other six EU habitat types were negative, indicating a reduced use of these habitat by the studied individuals. Non-random distribution of individuals across habitat types suggests that habitat selection is highly involved at the study area.

**Keywords.** *Testudo hermanni*, habitat selection, coastal dunes, Molise

---

Lo studio dell'uso e della selezione dell'habitat risulta di estrema importanza ai fini della comprensione delle strategie ecologiche delle popolazioni naturali di rettili (cfr. ad esempio Reinert, 1993). Uno dei problemi principali nella definizione dell'habitat consiste nella individuazione e nella caratterizzazione obiettiva delle varie tipologie disponibili. Per quanto riguarda in particolare *Testudo hermanni* Gmelin, 1789, relativamente pochi sono ad oggi gli studi che hanno permesso di analizzare le strategie relative all'uso dell'habitat (cfr. ad esempio Rugiero e Luiselli, 2006; Del Vecchio *et al.*, 2010, 2011). Inoltre, soprattutto nell'Italia meridionale, scarse e frammentarie sono pure le informazioni disponibili sull'importanza di alcune tipologie ambientali – in particolare alcuni habitat di interesse comunitario – ai fini della sopravvivenza di popolazioni isolate o frammentate della specie (cfr. Loy *et al.*, 2007; Loy e Cianfrani, 2010). In questo contributo è stato utilizzato un

approccio interdisciplinare per studiare l'uso dell'habitat di una popolazione relativamente isolata presente in un'area costiera dunale del Molise.

L'area di studio ricade nel comune di Campomarino (Provincia di Campobasso), e include il SIC "Foce Saccione - Bonifica Ramitelli" (IT7222217), il sito n° 20 della Rete Italiana per le Ricerche Ecologiche di Lungo Termine (LTER-Italia) "Dune sabbiose costiere dell'Italia centrale" e le aree d'intervento del progetto Life Maestrale (NAT/IT/000262) (Berardo, 2011; Stanisci *et al.*, 2012; Del Vecchio *et al.*, in stampa). La distribuzione spaziale delle testuggini è stata analizzata confrontando la disponibilità e l'uso differenziale di sette tipi di habitat di importanza comunitaria (Carranza *et al.*, 2007; Stanisci *et al.*, 2008) individuati lungo un transetto di monitoraggio: 1) cod. 1210 - Vegetazione annua delle linee di deposito marine; 2) cod. 2110 - Dune mobili embrionali; 3) cod. 2120 - Dune mobili litorali con presenza di *Ammophila arenaria*; 4) cod. 2230 - Dune con prati di *Malcolmatalia*; 5) cod. 2240 - Dune con prati dei *Brachypodietalia* e vegetazione annua; 6) cod. 2250 - Dune costiere con *Juniperus* spp.; 7) cod. 2260 - Dune con vegetazione di sclerofille dei *Cisto-Lavanduletalia* 4). Le ricerche sono state condotte nell'arco dell'intero periodo di attività annuale della locale popolazione, con sessioni mensili di osservazione svolte da marzo ad ottobre 2010. Le osservazioni degli esemplari e delle loro tracce sono state effettuate lungo un transetto fisso di monitoraggio di 1000 x 50 m diagonale alla linea di costa. Per ciascun habitat è stato calcolato l'indice di preferenza di Jacobs (Jacobs, 1974), sia per l'intero periodo di attività sia per ogni sessione mensile, utilizzando la formula:  $IP_i = [(N1/N) - (S1/S)] / [(N1/N) + (S1/S)]$ , dove N1 rappresenta il numero di animali osservati nell'ambiente i, N il numero totale di animali osservati nel transetto, S1 è la superficie della tipologia ambientale i nel transetto, e S la superficie totale del transetto. Questo indice assume valori compresi tra -1 e +1. Se l'utilizzo è inferiore alla disponibilità l'indice assume valori negativi, mentre se l'utilizzo è superiore alla disponibilità assume valori positivi; se l'utilizzo e la disponibilità si equivalgono i valori sono prossimi allo zero.

Complessivamente nell'area di studio sono stati raccolti e georeferenziati 246 dati sulla base di osservazioni dirette e indirette (tracce, escrementi) di esemplari della specie (Figura 1). Dall'analisi del rapporto "disponibilità-utilizzo" nell'intero periodo di attività annuale ottenuto utilizzando l'indice di preferenza di Jacobs è emerso che l'habitat prioritario "Dune costiere con *Juniperus* spp." (cod. 2250) è l'unico sovrautilizzato rispetto alla sua disponibilità (Figura 2), mentre l'uso di tutti gli altri habitat risulta essere relativamente limitato. Il mosaico di habitat "Dune con prati di *Malcolmatalia*, Dune con prati dei *Brachypodietalia* e vegetazione annua, Dune con vegetazione di sclerofille dei *Cisto-Lavanduletalia*" risulta essere quello meno utilizzato dalle testuggini. Anche nel caso dell'analisi del rapporto "disponibilità-utilizzo" relativa alle singole sessioni di rilevamento mensile emerge che l'habitat prioritario "Dune costiere con *Juniperus* spp." (cod. 2250) è quello maggiormente utilizzato (Figura 3); i valori dell'indice assumono una distribuzione bimodale, con dei picchi nel mese di marzo e nel mese di luglio e dei minimi nel mese di giugno e nel mese di ottobre. All'inizio della primavera e in piena estate la specie si rinviene con una certa frequenza anche nell'ambiente dell'avanduna con specie erbacee perenni (cod. 2120 - Dune con *Ammophila arenaria*). Si tratta di un habitat che offre un buon grado di ombreggiamento,

determinato dai cespi voluminosi dell'*Ammophila*, e una buona copertura di specie erbacee, prevalentemente tra aprile e luglio. Per quanto riguarda gli ambienti della vegetazione effimera della spiaggia e delle dune embrionali (cod. 1210 - Vegetazione annua delle linee di deposito marine; cod. 2110 - Dune mobili embrionali), in cui i valori massimi di biomassa si raggiungono nel periodo maggio-giugno, si evidenzia una frequentazione concentrata soprattutto in primavera ed in autunno, essendo questi habitat molto probabilmente troppo aridi e sottoposti ad eccessivo irraggiamento solare in estate. Il mosaico di habitat "Dune con prati di *Malcolmatalia*, Dune con prati dei *Brachypodietalia* e vegetazione annua, Dune con vegetazione di sclerofille dei *Cisto-Lavanduletalia*" risulta essere il meno utilizzato. Questi ambienti sono frequentati solo in tarda primavera e in autunno, nei periodi di massimo ombreggiamento, cioè quando la biomassa è maggiore (primavera; il valore dell'indice più vicino allo zero, ma pur sempre negativo (-0,53), si registra nel mese di giugno, cfr. Figura 3) e il clima è più mite (autunno).

La distribuzione non casuale degli individui nei differenti habitat, il fatto che determinati habitat siano frequentati solo in alcune stagioni, e la netta preferenza delle testuggini per l'habitat comunitario "Dune costiere con *Juniperus* spp." (cod. 2250) indica l'esistenza di una strategia della popolazione basata sulla selezione dell'habitat. Dal momento che le dune con ginepro non assumono un valore particolare in relazione alla disponibilità di risorse trofiche per la specie (Cheylan *et al.*, 2011), si può ipotizzare che *Testudo hermanni* operi una scelta del microhabitat sulla base di esigenze legate soprattutto all'ottimizzazione dei processi di termoregolazione e alla riduzione dei rischi di predazione. In effetti i cespugli sempreverdi di ginepro influenzano considerevolmente la scelta del microhabitat da parte delle testuggini, in quanto sono in grado di offrire una copertura permanente, che consente agli animali di ripararsi dal caldo in estate, di mitigare gli effetti del vento e del freddo in autunno-inverno, e di occultarsi alla vista dei predatori durante tutto il corso dell'anno. A questo proposito sarà interessante verificare in futuro la percentuale di aree a ginepro presenti all'interno degli home range dei singoli individui, e valutare se questo habitat possa effettivamente rappresentare un fattore chiave nella distribuzione delle testuggini nell'area (cfr. Resource Dispersion Hypothesis; Macdonald, 1983).

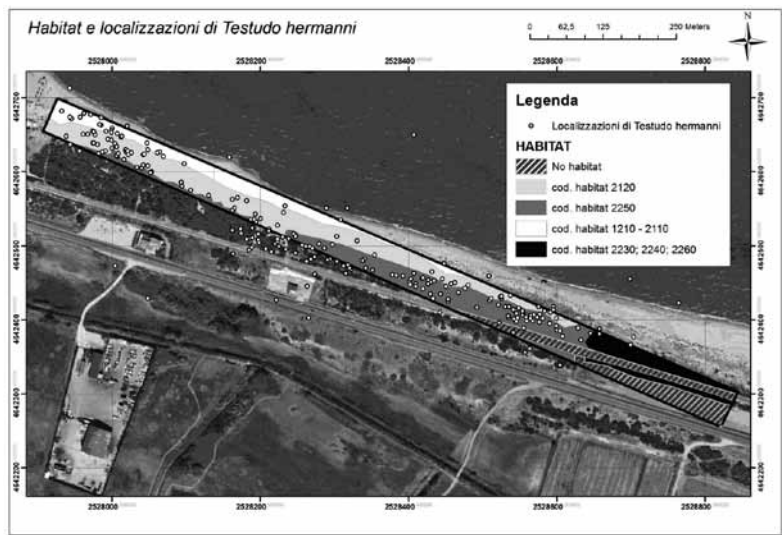


Fig 1. Habitat e localizzazioni (tracce dirette e indirette) di *Testudo hermanni* nell’area di studio. In barre nere: aree antropizzate. In bianco: habitat “Vegetazione annua delle linee di deposito marine (cod.1210); habitat “Dune mobili embrionali” (cod.2110). In grigio chiaro: habitat “Dune mobili litorali con presenza di *Ammophila arenaria*”(cod.2120). In nero: habitat “Dune con prati di *Malcolmetalia*”(cod.2230); habitat “Dune con prati dei *Brachypodietalia* e vegetazione annua” (cod.2240); habitat “Dune con vegetazione di sclerofille dei *Cisto-Lavanduletalia*” (cod.2260). In grigio scuro: habitat “Dune costiere con *Juniperus* spp.” (cod.2250).

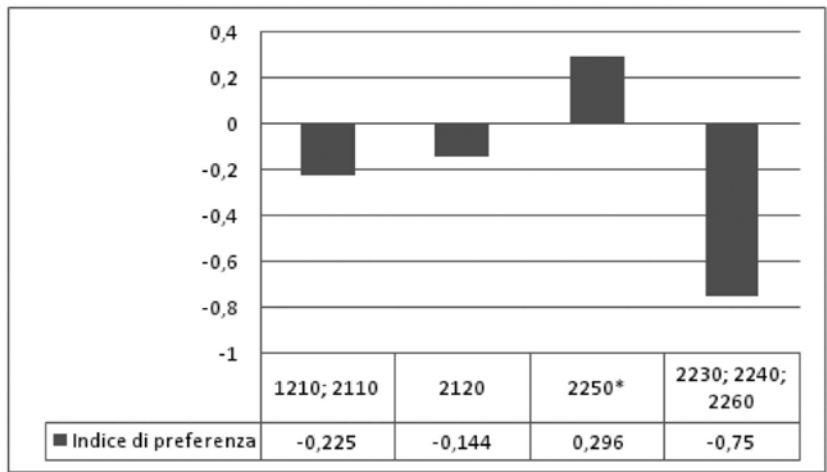


Fig. 2. Andamento dei valori dell’indice di Jacobs (asse delle ordinate) nell’arco dell’intero periodo di attività annuale.(Codici habitat: 1210 - Vegetazione annua delle linee di deposito marine; 2110 - Dune mobili embrionali; 2120 - Dune mobili litorali con presenza di *Ammophila arenaria*; 2230 - Dune con prati di *Malcolmetalia*; 2240 - Dune con prati dei *Brachypodietalia* e vegetazione annua; 2250 - Dune costiere con *Juniperus* spp.; 2260 - Dune con vegetazione di sclerofille dei *Cisto-Lavanduletalia*).

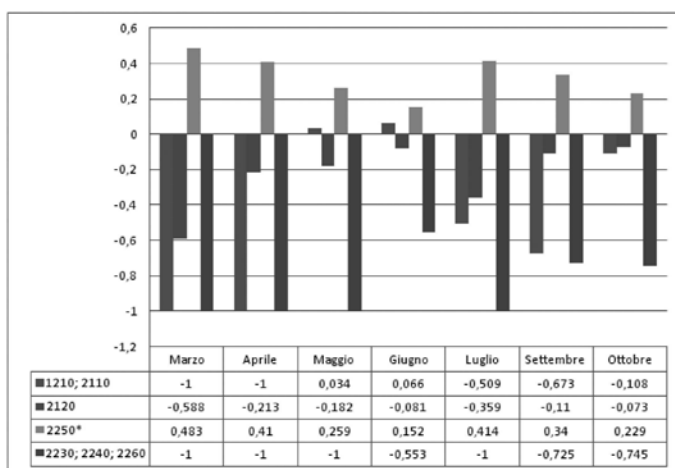


Fig. 3. Andamento dei valori dell'indice di Jacobs (asse delle ordinate) nei diversi mesi di attività stagionale. (Codici habitat: 1210 - Vegetazione annua delle linee di deposito marine; 2110 - Dune mobili embrionali; 2120 - Dune mobili litorali con presenza di *Amphiphila arenaria*; 2230 - Dune con prati di *Malcolmatalia*; 2240 - Dune con prati dei *Brachypodietalia* e vegetazione annua; 2250 - Dune costiere con *Juniperus* spp.; 2260 - Dune con vegetazione di sclerofille dei *Cisto-Lavanduletalia*).

## Bibliografia

- Berardo, F. (2011): Monitoraggio di flora e fauna di interesse conservazionistico nelle aree di rete Natura 2000. Tesi di laurea magistrale, Università degli Studi del Molise.
- Carranza, M.L., Acosta, A., Stanisci, A., Pirone, G., Ciaschetti, G. (2007): Ecosystem classification and EU habitat distribution assessment in sandy coastal environments. *Environmental Monitoring and Assessment* **140**: 99-107.
- Cheyland, M., Corti, C., Carpaneto, G.M., Mazzotti, S., Zuffi, M.A.L. (2011): *Testudo hermanni* Gmelin, 1789. In: Fauna d'Italia. Vol. XLV, Reptilia, p. 188-199. Corti, C., Capula, M., Razzetti, E., Sindaco, R., Eds, Calderini - Edizioni Calderini de Il Sole 24 ORE S.p.A., Bologna.
- Del Vecchio, S., Acosta, A., Stanisci, A. (2013): The impact of *Acacia saligna* invasion on Italian coastal dune EC habitats. *Comptes rendus Biologies*, in stampa.
- Del Vecchio, S., Burke, R.L., Rugiero, L., Capula, M., Luiselli, L. (2010): Approccio floristico-cenologico allo studio dell'habitat di *Testudo hermanni* a tre scale spaziali In: Atti VIII Congresso Nazionale Societas Herpetologica Italica, Chieti, 22-26 Settembre 2010, p. 267-272. Di Tizio, L., Di Cerbo, A.R., Di Francesco, N., Cameli, A., Eds, Ianieri Edizioni, Pescara.
- Del Vecchio, S., Burke, R.L., Rugiero, L., Capula, M., Luiselli, M. (2011): The turtle is in

- the details: microhabitat choice by *Testudo hermanni* is based on microscale plant distribution. *Animal Biology* **61**: 249-261.
- Jacobs J. (1974): Quantitative measurements of food selection. *Oecologia* **14**:413-417
- Loy, A., Cianfrani, C. (2010): The ecology of *Eurotestudo h. hermanni* in a mesic area of southern Italy: first evidence of sperm storage. *Ethology Ecology & Evolution* **22**: 1-16.
- Loy, A., Ramacciato, V., Gentilotti, F., Capula, M. (2007): Demography of *Eurotestudo hermanni* in a mesic area of Central Italy. *Amphibia-Reptilia* **28**: 87-95.
- Macdonald, D.W. (1983): The ecology of carnivore social behaviour. *Nature* **301**: 379-384.
- Reinert, H.K. (1993): Habitat selection in snakes. In: *Snakes, Ecology and Behavior*, p. 201-240. Seigel, R.A., Collins, J.T., Eds, McGraw-Hill, New York.
- Rugiero, L., Luiselli, L. (2006): Ecological modelling of habitat use and the annual activity patterns in an urban population of the tortoise, *Testudo hermanni*. *Italian Journal of Zoology* **73**: 219-225.
- Stanisci, A., Acosta, A., Carranza, M.L., Feola, S., Giuliano, M. (2008): Gli habitat di interesse comunitario sul litorale molisano e il loro valore naturalistico su base floristica. *Fitosociologia* **44** (Suppl. 1): 171-176
- Stanisci, A., Carranza, M.L., Acosta, A. (2012): Foce Saccione-Bonifica Ramitelli. In: *La Rete Italiana per la ricerca ecologica a lungo termine (LTER-Italia)*. Bertoni R., ed., Aracne Editrice, Roma.





Contents lists available at ScienceDirect

Comptes Rendus Biologies

www.sciencedirect.com



Note historique, Biodiversity

## Seasonal habitat preference by the flagship species *Testudo hermanni*: Implications for the conservation of coastal dunes

Fabiana Berardo, Maria Laura Carranza\*, Ludovico Frate,  
Angela Stanisci, Anna Loy

EnviX-Lab. Department of Bioscience and Territory, University of Molise, C. da Fonte Lappone, 86090 Pesche, IS, Italy

### ARTICLE INFO

#### Article history:

Received 22 January 2015

Accepted after revision 3 March 2015

Available online xxx

#### Keywords:

Bootstrap

Central Italy

Habitats directive (92/43/CEE)

Habitat selection function

Resampling method

Hermann's tortoise

### ABSTRACT

In this study, we explored if, how, and when the European Union habitats (EU *sensu* Habitats Directive 92/43/CEE) are used by the flagship species *Testudo hermanni* in a well-preserved coastal dune system of the Italian peninsula. Radio telemetry data and fine-scale vegetation habitat mapping were used to address the following questions: (a) is each EU habitat used differentially by Hermann's tortoises? (b) is there any seasonal variation in this utilization pattern? (c) how does each habitat contribute to the ecological requirements of the tortoises? Nine tortoises were fitted with transmitters and monitored for the entire season of activity. The eight EU habitats present in the study area were surveyed and mapped using GIS. The seasonal preferential use or avoidance of each habitat was tested by comparing, through bootstrap tests, the proportion of habitat occupied ( $p_iTh$ ) with the proportion of available habitat in the entire landscape ( $p_iL$ ). The analysis of 340 spatial locations showed a marked preference for the *Cisto-Lavanduleitalia* dune sclerophyllous scrubs (EU code 2260) and a seasonal selection of *Juniperus macrocarpa* bushes (EU code 2250), wooded dunes with *Pinus* (EU code 2270) and mosaic of dune grasslands and sclerophyllous scrubs (EU codes 2230, 2240, 2260). Seasonal variation of habitat preference was interpreted in light of the different feeding, thermoregulation and reproductive needs of the tortoises. Our results stress the ecological value of EU coastal dune habitats and suggest prioritization of conservation efforts in these ecosystems.

© 2015 Académie des sciences. Published by Elsevier Masson SAS. All rights reserved.

### 1. Introduction

Coastal dunes represent extremely interesting environments both from an ecological and a landscape perspective [1], but at the same time, they are among the most fragile and threatened ecosystems worldwide [2]. Coastal ecosystems are particularly vulnerable to climate variability and to coastal erosion, and in recent years, they have undergone consistent transformations due to urban expansion, agricultural and afforestation spread, and industrial and harbour development [3]. The degradation and loss of the littoral landscape has

concerned all coastal countries of the European Union and is particularly striking in the Mediterranean [4]. For this reason, sandy coastal vegetation types are of most concern among EU directive habitats [5], and most of the sand dune coastal fauna is included as threatened or endangered in the IUCN Red List [6]. Some of these endangered species could act as flagship species, driving public awareness on conservation issues of the coastal dunes. Among these, the tortoises (family *Testudinidae*) are the best candidates for coastal dune conservation, as they are charismatic and appealing to the target audience (e.g., EU Life Projects), are often endemic [7], and symbolize the uniqueness of the coastal dunes to foster a sense of local pride [8].

Specifically, we focused on the Hermann's tortoise *T. hermanni* (Gmelin 1789), endemic to the northern

\* Corresponding author.

E-mail address: carranza@unimol.it (M.L. Carranza).

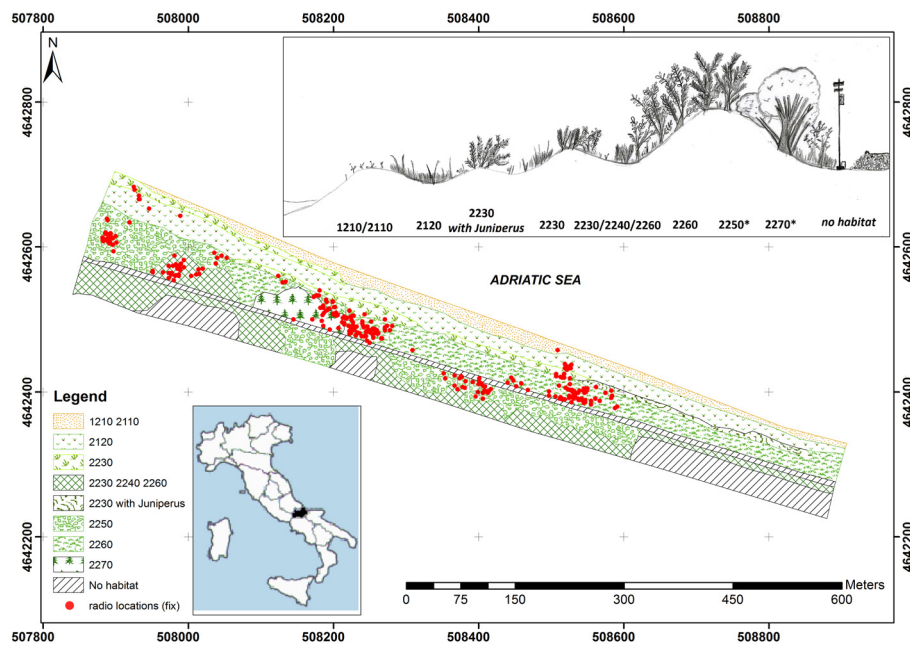


Fig. 1. (Color online.) Detailed vegetation map of the study area and radiolocations. The profile diagram indicates the sequence along the sea inland gradient of the mapped EU habitats. For codes, see Table 1.

coastal Mediterranean region, and the only indigenous species of Testudinidae found in Italy. The subspecies *T. hermanni hermanni* is listed as endangered in the IUCN Red Data Book [6] and is threatened by the degradation and destruction of its habitat, especially in coastal areas [7,9]. This species is strictly protected by the Bern Convention and the European Habitat Directive (92/43 EEC, Annex II, IV), while the international trade of the species is regulated by the Washington Convention (CITES, App. II, C1). It is common in coastal areas of western central Italy; it is less common in the eastern coast and hilly landscapes [7].

The Hermann's tortoise occurs in Italy with two subspecies: *T. h. boettgeri*, mostly found along the northern Adriatic coast, and *T. h. hermanni*, prevailing along the Tyrrhenian coast. Hermann's tortoises are located in the xeric areas of the Mediterranean region, characterized by thermo- and meso-Mediterranean climate [9], mainly in the littoral pinewoods, coastal dunes, Mediterranean scrub, and garrigues [10–13]. Most studies regarding the eco-ethology of *T. hermanni* have been conducted in Spain, southern France [14,15], Greece [16,17], and Italy [18,19].

The habitat preferences of this species have been investigated in a variety of habitats, from coastal dunes [8,20,21] to rural landscapes [22], while habitat preference studies taking into account the seasonal utilization of the different vegetation types are still necessary [23].

In this study, we explored if, how, and when the EU coastal dune habitats (*sensu* Habitats Directive 92/43/CEE) are used by Hermann's tortoises in a well-preserved coastal dune system of the Italian peninsula. Radio telemetry data and fine-scale vegetation habitat mapping were used to address the following questions:

- (a) is each EU habitat used differentially by Hermann's tortoises?
- (b) is there any seasonal variation in this utilization pattern?
- (c) how does each habitat contribute to the ecological requirements of the tortoises?

We assumed that the utilization by tortoises of the EU habitat dune mosaic is not homogeneous, but varies through space and time. By linking the EU coastal habitats to the survival of the flagship Hermann's tortoise, we contribute to the prioritization of the conservation in this fragile and highly vulnerable ecosystem.

## 2. Method

### 2.1. Study area

The study area is part of the eastern coast of southern Italy (Molise region, Fig. 1). The Molise coast stretches for 30 km along the Adriatic Sea and is mainly composed of sandy beaches. Recent dunes (Holocene) occupy a narrow strip along the seashore. They are not very high (less than 10 m high) and are relatively simple in structure (usually only one dune ridge) [24]. In the dune profile, abiotic conditions vary greatly, moving along the sea inland gradient. Under natural conditions, the vegetation zonation follows this ecological gradient, ranging from pioneer annual communities on the beach to Mediterranean macchia on the landward fixed dunes [24–26]. The Mediterranean macchia can be considered the most mature vegetation type on fixed dunes. The climate of the area is typically Mediterranean, with dry summers, mild and rainy winters, and frequent precipitation

**Table 1**

Detailed description of vegetation types along with the relative information concerning EU habitat types, cover (percent of the landscape), vegetation shading capacity (percent of vegetation ground cover), and vascular plants dominant phenology (budding, presence of soft leaves, growing and flowering periods).

Description	EU code	Cover (%)	Shading capacity	Phenology
Annual vegetation of drift lines and embryonic shifting dunes (mosaic)	1210/2110	11.9	3.5	May–June
Shifting dunes along the shoreline with <i>Ammophila arenaria</i> (white dunes)	2120	2.22	15	May–June
Dune grasslands of <i>Malcolmietalia</i>	2230	4.45	0	April–June
Dune grasslands of <i>Malcolmietalia</i> with burned Mediterranean macchia	2230 (with Mediterranean macchia)	2.54	20	April–June
Dune grasslands and sclerophyllous scrubs mosaic: <i>Malcolmietalia</i> dune grasslands; <i>Brachypodietalia</i> dune grasslands with annuals and <i>Cisto-Lavanduletalia</i> dune sclerophyllous scrubs	2230/2240/2260	22.87	40	April–August
Dune sclerophyllous scrubs of <i>Cisto-Lavanduletalia</i>	2260	4.94	50	Evergreen
Coastal dunes with <i>Juniperus macrocarpa</i> bushes	2250*	22.08	70	Evergreen
Wooded dunes with <i>Pinus pinea</i> and/or <i>Pinus pinaster</i>	2270*	3.93	80	Evergreen
No habitat		25.07	0	

\* EU priority habitats.

[25]. The mean annual temperature is 15.9 °C, the mean minimum temperature is 13.2 °C, the mean maximum temperature is 18.6 °C, and mean precipitation amounts to 356.8 mm/year (Termoli meteorological station, 1971–2000).

Despite the fact that dune vegetation has been severely damaged and reduced along the whole Adriatic coast [26], the coastal dunes of Molise still host many EU Directive 92/43 habitats [27,28]. The study area is included in the SCI IT7222217–Foce Saccione–Bonifica Ramitelli, and is part of the Long-Term Ecological Research Sites (LTER–EU\_IT20\_003\_T) [29,30].

## 2.2. Vegetation map

Based on high-resolution panchromatic aerial photographs (dated 2008) and an extensive field survey (Spring 2013), we produced a detailed map at a scale of 1:1000 of the coastal dune habitats in the study area. Particular attention was given to natural dune cover types that, according to Acosta et al. [31] and Malavasi et al. [32], were mapped in nine different types that enclose eight habitats of European conservation interest according to Annex I of the European Council Directive 92/43/EEC (1992, Table 1). All artificial areas were classified as *no habitat*. The vegetation map was verified through several field surveys (performed from 2010 to 2012 using a GPS) and presented a global accuracy of 0.77. For each vegetation, type ecological information, such as shading capacity and vegetation phenology, was also reported. Shading capacity summarizes the plant community physiognomy [5] and differentiates densely vegetated dunes, offering shadowed and cool microhabitats, from open areas, offering sunny hot habitats, all habitats that can help tortoises with thermoregulation activities. Phenology describes budding and flowering periods [33], thus, a temporal supply of trophic resources.

## 2.3. Radio telemetry

A radiotelemetric study of Hermann's tortoise was performed between October 2012 and January 2014. A

total of nine specimens (five males and four females) were captured through visual encounters by random walking across the coastal zonation from the drift line to the foredunes. An ongoing study on the population dynamic indicates that the number of specimens was representative of the whole population of 20 resident individuals/year (personal observations). Tortoises were equipped with a VHF radio transmitter (Very High Frequency, SOPR 2380 Transmitters–Wildlife Materials Inc.). Animals were located by means of a receiver (model R-1000 Telemetry Receiver 148–152 MHz w/220 of the Communications Specialist) connected to a Yagi or Adcock antenna. The tortoises were immediately released at the capture site and were monitored once a day for 7–8 consecutive days from April to October (one radiotelemetric fix location per day). During the hibernation period (from November to March), each animal was located once a month. Each monitoring session lasted 2 h and was shifted during the 7–8 days to cover the whole daily activity period (maximum duration of 15 h).

## 2.4. Data analysis

According to the most common definition, habitat corresponds to the resources and conditions present in an area that produces occupancy by a given organism [34]. Thus, the aim of habitat selection studies is to identify the environmental characteristics that make a place suitable for a certain species. A series of techniques have been developed for habitat selection, including compositional analysis [35], Jacobs' index [36], and selection ratio [37].

In this paper, habitat selection was performed by comparing the proportion of habitat occupied by *T. hermanni* ( $p_iTh$ ) with the proportion of available habitat in the entire landscape ( $p_iL$ ) (i.e. first-order selection) through a bootstrap procedure [37,38]. In particular, to calculate the proportion of habitat occupied by *T. hermanni* ( $p_iTh$ ) within each habitat type, we overlapped the radiolocations map with a buffer radius of three meters on the habitat type map. We obtained a nine-dimensional habitat type compositional vector for each radiolocation (i.e., the distribution of the area of each fix location within

**Table 2**

Description of radio tracked tortoises. For each animal, information concerning sex, number of radiolocated points and dates of the first and last radiotelemetric locations are reported.

Tortoise code	Sex	Date of the first location (Day/month/year)	Date of the last location (Day/month/year)	Number of location points
1	M	18/09/2012	9/01/2014	45
2	F	18/09/2012	9/01/2014	44
3	M	19/09/2012	9/01/2014	43
4	M	25/04/2013	9/01/2014	46
5	F	28/04/2013	10/10/2013	22
6	M	28/04/2013	9/01/2014	44
7	M	28/04/2013	9/01/2014	45
8	F	28/04/2013	9/01/2014	45
9	F	26/04/2013	1/05/2013	6

the nine habitats). The choice of this radius was based both on the consideration of the visual field of the tortoises, their movement speed (personal observations), and the scale of the habitat map. Then, a vector of the occupied habitat type composition for the whole study area was obtained as a sum of the single-fix compositional vectors. For a given habitat  $i$ ,  $p_iTh$  was calculated as the ratio between the total area occupied by radiolocations in the said habitat and the sum of the single-location compositional vectors (i.e., total area occupied by all the fixes in the whole habitats). Finally, we tested whether the proportional area of a given habitat  $i$  that has been occupied by *T. hermanni* ( $p_iTh$ ) is significantly different from the proportional area of the habitat  $i$  in the entire landscape  $p_iL$ . In particular we compared  $S$ , that is the absolute difference between the occupied and available habitat proportion,  $S = |p_iTh - p_iL|$ , with  $SB$  the bootstrapped value of  $S$ .  $SB = |p_iB - p_iTh|$ , where  $p_iB$  is the bootstrapped proportional area of a given habitat type ( $i$ ) occupied by *T. hermanni* obtained by resampling with replacement (999 times) the nine-dimensional compositional vectors (see [39] for details).

If the actual value of  $S$  is sufficiently extreme in comparison to the bootstrap distribution ( $SB$ ), the null hypothesis (random selection) is rejected.  $P$  values were computed as the proportion of bootstrapped values  $SB$  that were greater than the actual values of  $S$ . After identifying a habitat for which the null hypothesis was rejected (random selection,  $P < 0.05$ ), we investigated whether a specific habitat was positively ( $p_iTh/p_iL > 1$ ) or negatively ( $p_iTh/p_iL < 1$ ) selected by tortoises [39]. The analysis was performed on pooled data of males and females for the whole activity season (April–October), and for each monthly session.

### 3. Results

#### 3.1. Vegetation map

The map included eight vegetation types, some of them characterized by a mosaic of EU habitats. Table 1 reports the correspondence of vegetation types with EU habitats and a detailed description in terms of cover, phenology, and shading capacity. The mosaic of dune grasslands and sclerophyllous scrubs (*Malcolmietalia* dune grasslands-cod.

2230, *Brachypodietalia* dune grasslands with annuals-cod. 2240, *Cisto-Lavanduletalia* dune sclerophyllous scrubs-cod. 2260) was the most represented vegetation type, covering 23% of the study area. The least represented type was the shifting dunes along the shoreline with *Ammophila arenaria* (white dunes, cod 2120), which covers 2% of the study area.

Unfortunately, the easternmost sector of the study area was recently burned (July 2007) and vegetation regrowth proceeded fairly slowly. In particular, the large shrubs typical of coastal dunes, such as *Juniperus* sp. bushes (cod. 2250\*), have not grown back [40].

#### 3.2. Radio telemetry

The detailed description of dates and total locations for each of the nine tortoises (five males and four females) are shown in Table 2. Seven of the nine animals were tracked for the entire period of activity, i.e. from the end of hibernation to the new hibernation period and were monitored for at least seven days per month (codes: 1–2–3–4–6–7–8). Two female tortoises were lost after one and three months (codes: 9–5). We obtained a total of 340 radiolocations from October 2012 to January 2014. The distribution of the three buffered locations is shown in Fig. 1. In 2013, all tortoises were active from late April to early July as well as from late August to early November.

#### 3.3. Habitat selection

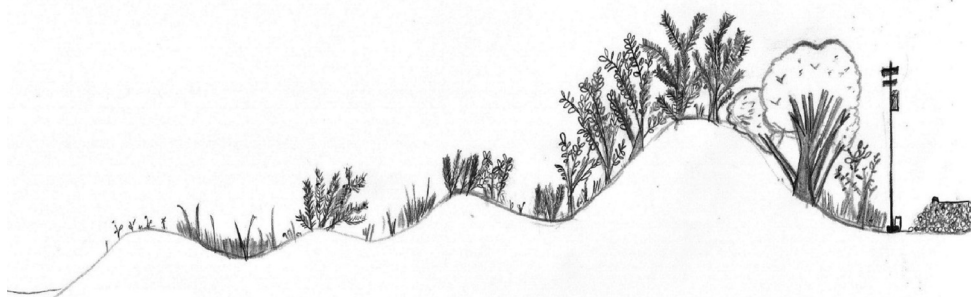
According to the bootstrap tests, most vegetation types were used differently by *T. hermanni* (Table 3). The results obtained for the entire cycle of activity showed a marked preference for the dune sclerophyllous scrubs (EU cod. 2260), *J. macrocarpa* bushes (EU cod. 2250\*), wooded dunes with *Pinus* spp (EU cod. 2270\*), and for shifting dunes along the shoreline (EU cod. 2120) (Table 3).

A marked preference for the dune sclerophyllous scrubs (EU cod. 2260) was also evident throughout the activity period, with the only exception of the session run in June, when tortoises selected the annual dune grasslands (EU cod. 2230), the dune grassland and sclerophyllous scrubs mosaics (EU cod. 2230, 2240 and 2260), and the no habitat class. Moreover, we identified a preference for some habitats during specific periods. While shifting dunes along the shoreline (EU cod. 2120) were selected in April,



**Table 3**

Vegetation types and their degree of selection by the *Testudo hermanni*. For each type (see Table 1 for a description of vegetation), the absolute differences between the occupied and available habitat proportions  $S = |piTh - piL|$ , and the  $P$  values are reported. Values of  $piTh/piL$  ratio  $> 1$  indicate a positive selection; values of  $piTh/piL < 1$  indicate negative selection. NS: not significant at  $P$  values  $> 0.05$ .



	1210/2110	2120	2230 with Juniperus	2230	2230/2240/2260	2260	2250*	2270*	no habitat	
Cycle of seasonal activity (April–October)	0.113 < 0.001 <b>0.04</b>	0.019 < 0.001 <b>1.88</b>	0.019 < 0.001 <b>0.22</b>	0.015 < 0.001 <b>0.66</b>	0.125 < 0.001 <b>0.45</b>	0.326 < 0.001 <b>7.61</b>	0.112 < 0.001 <b>1.51</b>	0.05 < 0.001 <b>2.31</b>	0.237 < 0.001 <b>0.05</b>	$S =  piTh - piL $ $P$ values $piTh/piL$ ratio
Session I (April) (16 °C)	0.089 < 0.001 <b>0.2</b>	0.072 < 0.001 <b>4.2</b>	0.0251 < 0.001 <b>0.009</b>	0.003 < 0.001 <b>0.9</b>	0.157 < 0.001 <b>0.312</b>	0.520 < 0.001 <b>11.5</b>	0.117 < 0.001 <b>0.466</b>	0.049 < 0.001 <b>NS</b>	0.250 < 0.001 <b>0</b>	$S =  piTh - piL $ $P$ values $piTh/piL$ ratio
Session II (May) (19 °C)	0.119 < 0.001 <b>0</b>	0.004 < 0.001 <b>NS</b>	0.025 < 0.001 <b>0</b>	0.014 < 0.001 <b>N.S.</b>	0.103 < 0.001 <b>0.54</b>	0.267 < 0.001 <b>6.402</b>	0.169 < 0.001 <b>1.765</b>	0.040 < 0.001 <b>NS</b>	0.238 < 0.001 <b>0.044</b>	$S =  piTh - piL $ $P$ values $piTh/piL$ ratio
Session IV (June) (24 °C)	0.119 < 0.001 <b>0</b>	0.022 < 0.001 <b>0</b>	0.025 < 0.001 <b>0</b>	0.370 < 0.001 <b>5.960</b>	0.161 < 0.001 <b>3.402</b>	0.317 < 0.001 <b>0.134</b>	0.241 < 0.001 <b>0.477</b>	0.030 < 0.001 <b>NS</b>	0.223 < 0.001 <b>9.502</b>	$S =  piTh - piL $ $P$ values $piTh/piL$ ratio
Session IV (July) (26 °C)	0.119 < 0.001 <b>0</b>	0.022 < 0.001 <b>0</b>	0.051 < 0.001 <b>NS</b>	0.044 < 0.001 <b>0</b>	0.086 < 0.001 <b>NS</b>	0.303 < 0.001 <b>7.136</b>	0.083 < 0.001 <b>NS</b>	0.084 < 0.001 <b>NS</b>	0.250 < 0.001 <b>0</b>	$S =  piTh - piL $ $P$ values $piTh/piL$ ratio
Session V (August) (24.4 °C)	0.119 < 0.001 <b>0</b>	0.034 < 0.001 <b>NS</b>	0.025 < 0.001 <b>0</b>	0.022 < 0.001 <b>NS</b>	0.114 < 0.001 <b>0.499</b>	0.266 < 0.001 <b>6.374</b>	0.126 < 0.001 <b>1.572</b>	0.087 < 0.001 <b>3.216</b>	0.232 < 0.001 <b>0.071</b>	$S =  piTh - piL $ $P$ values $piTh/piL$ ratio
Session VI (September) (24 °C)	0.119 < 0.001 <b>0</b>	0.006 < 0.001 <b>NS</b>	0.025 < 0.001 <b>0</b>	0.021 < 0.001 <b>NS</b>	0.08 < 0.001 <b>NS</b>	0.259 < 0.001 <b>6.257</b>	0.139 < 0.001 <b>1.631</b>	0.063 < 0.001 <b>NS</b>	0.222 < 0.001 <b>0.109</b>	$S =  piTh - piL $ $P$ values $piTh/piL$ ratio
Session VII (October) (22 °C)	0.119 < 0.001 <b>0</b>	0.073 < 0.001 <b>NS</b>	0.025 < 0.001 <b>0</b>	0.007 < 0.001 <b>NS</b>	0.123 < 0.001 <b>0.458</b>	0.268 < 0.001 <b>6.434</b>	0.139 < 0.001 <b>1.629</b>	0.044 < 0.001 <b>NS</b>	0.249 < 0.001 <b>0.002</b>	$S =  piTh - piL $ $P$ values $piTh/piL$ ratio

*J. macrocarpa* bushes were selected in May as well as from August to April, and wooded dunes with *Pinus* sp. (EU cod. 2270\*) were preferred in August.

Generally, tortoises showed a preference for natural land cover types, as *no habitat* areas were negatively selected in all seasons, with the only exception of the session run in June, when most radiolocations were recorded near the railroad tracks. Another negatively selected vegetation type was the mosaic of annual vegetation of drift lines and embryonic shifting dunes (cod.1210–2110). Finally, wooded dunes with *Pinus* sp. (EU Cod 2270\*) were used in proportion to their availability without any significant tendency based on habitat availability ( $P$  values  $> 0.05$ ), with the exception of August, when they were positively selected.

#### 4. Discussion

Radio telemetry and fine-scale habitat mapping provided an accurate framework of habitat preference and avoidance by the Hermann's tortoises in the Adriatic coastal dunes, through accurate and replicable selection functions (HSFs).

The habitat preference analysis suggested that the Hermann's tortoises operate both a positive and a negative selection of the different coastal dune vegetation types and that this pattern varies according to the season.

The tortoises used most of the coastal dune EU habitats throughout their activity period, except for those characterized by low shading capacity (code 1210–2110 in Fig. 1) or recent disturbance (e.g. burned). They also avoid

artificial and agricultural areas (no EU habitats). Avoidance of the mosaics of annual vegetation of drift lines, embryonic shifting dunes and anthropogenic areas is most likely related to the scarcity of edible herbaceous vegetation and low density of shading plants. These habitats are, in fact, characterized by the prevalence of perennial graminoids with coriaceous leaves [41]. The target species avoided burned juniper macchia (2230 with *Juniperus*), although edible vegetation is expected to increase after fire (new buds and young leaves) [42]. Thus, avoidance could be due to the low availability of shrubs providing shelters against thermic stress and predators.

The most widely used EU habitats were the dune sclerophyllous scrubs (EU cod. 2260) and the *J. macrocarpa* bushes (EU cod. 2250\*). These habitats are characterized by evergreen woody vegetation types growing on fixed dunes and quite sheltered from the harsh drift line conditions. Dune sclerophyllous scrubs are located in an intermediate position along the gradient from sea to inland and are characterized by a high richness of herbs and low bushes [24]. These habitats have a medium shading capacity and are rich in herbaceous edible species, thus, they are likely used by tortoises for both feeding and thermoregulation. Similar preferences for clumped shading vegetation alternating with open areas were observed in both *T. hermanni* and *T. graeca* living in rural landscapes [22,43] and in the Tyrrhenian coastal dunes of Tuscany [21]. Our results are also consistent with Blouin-Demers and Weatherhead [44,45], who postulated a general effectiveness of ecotones with patchy vegetation in providing optimal habitats for the thermoregulation of ectothermic species.

The observed seasonal utilization pattern of the different EU habitats by Hermann's tortoises may be related to the capacity of each vegetation type to satisfy temporal variations in the thermoregulation, feeding, reproductive and breeding requirements of the species. For instance, the preference for the shifting dunes along the shoreline with *Ammophila arenaria* (2120) in the early spring likely corresponds to the thermoregulation requirements of tortoises at the onset of activity after winter hibernation. Indeed, during the first period of the activity cycle after hibernation, tortoises spend much of their active time basking to reach their optimal temperature [14]. This hypothesis is supported by local climatic data that indicate an average temperature of 16 °C in April, corresponding to the minimum temperature of activation for tortoises [46].

During the early summer, the Hermann's tortoise reaches the maximum peak of its activity [14]. The preference for both annual dune grasslands (cod. 2230) and the mosaic of dune grassland with sclerophyllous scrubs (cod. 2230, 2240 and 2260) in June is likely linked to the various activities performed in this season, such as feeding, egg laying, and mating [14,17].

The need to escape the high summer temperatures at the onset of the pre-estivation phase [14–16,47,48] is the main factor that most likely influenced the exclusive preference for the close vegetation of sclerophyllous scrubs (EU cod. 2260) observed in July. From this period onwards, the open foredune habitats (EU cod. 1210/2110; 2120; 2230 with *Juniperus*, 2230; 2230/2240/2260) were

no longer positively selected due to both the heat and the reduced food availability, as the growing and flowering stages are over and the plants are dry and leathery [41].

The increased need for protection from heat and the reduced metabolism during the estivation phase may explain the exclusive preference for the sclerophyllous scrubs (EU cod. 2260) and the *J. macrocarpa* bushes (EU cod. 2250\*) from August onwards. Only during August did tortoises select the wooded dunes (cod. 2270\*), most likely in search of coolness provided by the high shading capacity of the pinewoods. Moreover, in the late summer, occasional rainfalls allow the growing of low herbs in the small gaps among the evergreen bushes, providing additional trophic resources within these habitats.

#### 4.1. Final remarks and conservation implications

This work contributed to our knowledge of coastal dune ecological processes and functioning. We focused on the relationships between the flagship species *T. hermanni* and the coastal EU habitats. Our results confirmed that climate and behavioral patterns play a crucial role in habitat use and preference by ectothermic species, especially tortoises [15,16,21,47–51]. Hermann's tortoise broadly selected patchy areas [21] where close vegetation alternates with open areas with a specific seasonal pattern that was assessed here for the first time. The sustainable management of sclerophyllous scrubs (EU cod. 2260) and the *J. macrocarpa* bushes (EU cod. 2250\*) may play a predominant role in the conservation of the Hermann's tortoise. Indeed, these habitats could act as a type of “umbrella habitat”, as their protection triggers a sort of “chain protection” from the individual habitat to the entire landscape [52].

These habitats should be preserved not only for their intrinsic floristic value [24,27], but also as providers of critical resources for the endangered tortoises. Conservation efforts toward these habitats could benefit from the presence of tortoises as a flagship species that could drive public interest and awareness toward these often neglected vegetation communities [52,53]. In addition, as tortoises are seed dispersers, their conservation contributes to the preservation of local flora [54].

Our analyses also revealed a seasonal utilization pattern of the EU habitats by tortoises across the coastal dune zonation. This temporal pattern is likely related to the specific capacity of each vegetation type to satisfy the thermoregulation, feeding, reproductive and breeding needs in different periods of the year. These outputs stress the importance of preserving the complete sequence of natural dune habitats, whose functionality is ensured by the integrity of its vegetation mosaic [29].

#### Acknowledgements

The study was partly funded by the European Commission under the project LIFE Maestrale (NAT/IT/000262). We gratefully acknowledge the editor, Henri Wajcman, and the anonymous reviewers for their valuable comments on a previous version of the manuscript.

## References

- [1] E. Van der Maarel, Some remarks on the functions of European coastal ecosystems, *Phytocoenologia* 33 (2003) 187–202.
- [2] EEA Article 17, European Environment Agency Technical Report 2001–2006, Brussels, Belgium, 2008 <http://biodiversity.eioner.europa.eu/article17>.
- [3] T.A. Schlacher, J. Dugan, D.S. Schoeman, M. Lastra, A. Jones, F. Scapini, A. McLachlan, O. Defeo, Sandy beaches at the brink, *Divers. Distrib.* 13 (2007) 556–560.
- [4] R.H.F. Curr, A. Koh, E. Edwards, A.T. Williams, P. Daves, Assessing anthropogenic impact on Mediterranean sand dunes from aerial digital photography, *J. Coastal Conserv.* 1 (2000) 15–22.
- [5] European Commission, Interpretation manual of European Union Habitats–EUR 27, Brussels, Belgium, 2007. Retrieved from: [http://ec.europa.eu/environment/nature/legislation/habitatsdirective/docs/2007\\_07\\_im.pdf](http://ec.europa.eu/environment/nature/legislation/habitatsdirective/docs/2007_07_im.pdf).
- [6] IUCN, European Reptile & Amphibian Specialist Group, *Testudo hermanni* ssp. *hermanni*. The IUCN Red List of Threatened Species, Version 2014.3, 2014 [www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org). Downloaded on 24 November 2014.
- [7] S. Mazzotti, *Testudo hermanni* Gmelin 1789, in: R. Sindaco, G. Doria, E. Razzetti, F. Bernini (Eds.), *Atlante degli Anfibi e dei Rettili d'Italia/Atlas of Italian Amphibian and Reptiles*, Societas Herpetologica Italica, Edizioni Polistampa, Florence, Italy, 2006, pp. 390–395.
- [8] S. Del Vecchio, R.L. Burke, L. Rugiero, M. Capula, L. Luiselli, The turtle is in the details: microhabitat choice by *Testudo hermanni* is based on microscale plant distribution, *Anim. Biol.* 61 (2011) 249–261.
- [9] M. Cheylan, C. Corti, G.M. Carpaneto, S. Mazzotti, M.A.L. Zuffi, *Testudo hermanni* Gmelin, 1789, in: M. Capula, C. Corti, L. Luiselli, E. Razzetti, R. Sindaco (Eds.), *Fauna d'Italia*, Vol. XLV, Reptilia, Edizioni Calderini, Bologna, Italy, 2011, pp. 188–199.
- [10] N. Arnold, J.A. Burton, Guida agli anfibi e rettili d'Europa, Muzzio Editore, Mulazzo (MS), Italy, 1985.
- [11] M. Capula, *Testuggine di Herman*, in: F. Bulgarini (Ed.), *Libro Rosso degli animali d'Italia*, Vertebrati, WWF, Italia, Roma, 1998.
- [12] E. Filippi, L. Rugiero, M. Capula, R.L. Burke, L. Luiselli, Population and Thermal Ecology of *Testudo hermanni hermanni* in the Tofia Mountains of Central Italy, *Chelonian Conserv. Biol.* 9 (2010) 54–60.
- [13] L. Rugiero, L. Luiselli, Ecological modelling of habitat use and the annual activity patterns in an urban population of the tortoise, *Testudo hermanni*, *It. J. Zool.* 73 (2006) 219–225.
- [14] M. Cheylan, Biologie et écologie de la Tortue d'Hermann (*Testudo hermanni* Gmelin, 1789). Contribution de l'espèce à la connaissance des climats quaternaires de la France, Mémoires et Travaux de l'Institut de Montpellier 13 (1981) 1–383.
- [15] C. Huot-Daubremont, Contribution à l'étude écophysiologique de différents aspects du cycle annuel de la Tortue d'Hermann (*Testudo hermanni*) dans le massif des Maures (Var), (PhD thesis), Université de Tours, France, 1996.
- [16] A. Hailey, E. Pulford, D. Stubbs, Summer activity patterns of *Testudo hermanni* Gmelin in Greece and France, *Amphibia-Reptilia* 5 (1984) 69–78.
- [17] J. Wright, E. Steer, A. Hailey, Habitat separation in tortoises and the consequences for thermoregulation and activity, *Can. J. Zool.* 66 (1987) 1537–1544.
- [18] A. Loy, V. Ramacciato, F. Gentilotti, M. Capula, Demography of *Eurotestudo hermanni* in a mesic area of Central Italy, *Amphibia-Reptilia* 28 (2007) 87–95.
- [19] A. Loy, C. Cianfrani, The ecology of *Eurotestudo h. hermanni* in a mesic area of southern Italy: first evidence of sperm storage, *Ethol. Ecol. Evol.* 22 (2010) 1–16.
- [20] R. Calzolari, G. Chelazzi, Habitat use in a central Italy population of *Testudo hermanni* Gmelin (Reptilia Testudinidae), *Ethol. Ecol. Evol.* 3 (1991) 153–166.
- [21] T. Couturier, A. Besnard, A. Bertolero, V. Bosc, G. Astruc, M. Cheylan, Factors determining the abundance and occurrence of Hermann's tortoise *Testudo hermanni* in France and Spain: Fire regime and landscape changes as the main drivers, *Biol. Conserv.* 170 (2014) 177–187.
- [22] L. Rozyłowicz, V.D. Popescu, Habitat selection and movement ecology of eastern Hermann's tortoises in a rural Romanian landscape, *Eur. J. Wildlife Res.* 59 (2013) 47–55.
- [23] A. Bertolero, M. Cheylan, A. Hailey, B. Livoreil, R.E. Willemsen, *Testudo hermanni* (Gmelin 1789)–Hermann's Tortoise, in: A.G.J. Rhodin, P.C.H. Pritchard, P.P. van Dijk, R.A. Saumure, K.A. Buhlmann, J.B. Iverson, R.A. Mittermeier (Eds.), *Conservation Biology of Freshwater Turtles and Tortoises: A Compilation Project of the IUCN/SSC Tortoise and Freshwater Turtle Specialist Group*, Chelonian Research Monographs No. 5 (2011) 059.1–059.20, <http://dx.doi.org/10.3854/crm.5.059.hermannii.v1.2011> <http://www.iucn-tftsg.org/cbft/>.
- [24] A.T.R. Acosta, M.L. Carranza, C.F. Izzi, Which habitat contributes best to plant species diversity in coastal dunes? *Biodiv. Conserv.* 18 (2009) 1087–1098.
- [25] M.L. Carranza, A.T.R. Acosta, A. Stanisci, Ecosystem classification and EU habitat distribution assessment in sandy coastal environments, *Environ. Monit. Assess.* 140 (2008) 99–107.
- [26] M. Malavasi, R. Santoro, M. Cutini, A.T.R. Acosta, M.L. Carranza, What has happened to coastal dunes in the last half century? A multitemporal coastal landscape analysis in Central Italy, *Landscape Urban Plan.* 119 (2013) 54–63.
- [27] S. Feola, M.L. Carranza, J.H.J. Schaminée, J.A.M. Janssen, A.T.R. Acosta, EU habitats of interest: an insight into Atlantic and Mediterranean beach and foredunes, *Biodivers. Conserv.* 20 (2011) 1457–1468.
- [28] A. Stanisci, A.T.R. Acosta, M.L. Carranza, M. De Chiro, S. Del Vecchio, L. Di Martino, A.R. Frattaroli, S. Fusco, C.F. Izzi, G. Pirone, I. Prisco, EU habitats monitoring along the coastal dunes of the LTER sites of Abruzzo and Molise (Italy), *Plant Sociol.* 51 (2014) 3–14.
- [29] M. Drius, M. Malavasi, A.T.R. Acosta, C. Ricotta, M.L. Carranza, Boundary-based analysis for assessing coastal dune landscape integrity over time, *Appl. Geogr.* 45 (2013) 1–48.
- [30] A. Stanisci, A.T.R. Acosta, M.L. Carranza, S. Feola, M. Giuliano, Gli habitat di interesse comunitario sul litorale molisano e il loro valore naturalistico su base floristica, *Fitosociologia* 44 (2007) 171–175.
- [31] A.T.R. Acosta, M.L. Carranza, C.F. Izzi, Combining Land cover mapping of coastal dunes with vegetation analyses, *Appl. Veg. Sci.* 8 (2005) 133–138.
- [32] M. Malavasi, R. Santoro, M. Cutini, A.T.R. Acosta, M.L. Carranza, The impact of human pressure on landscape patterns and plant species richness in Mediterranean coastal dunes, *Plant Biosyst.* (2014). <http://dx.doi.org/10.1080/11263504.2014.913730>.
- [33] S. Pignatti, Flora d'Italia, Edagricole, Bologna, Italy, 1982.
- [34] L.S. Hall, P.R. Krausman, L.M. Morrison, The habitat concept and a plea for standard terminology, *Wildlife Soc. Bull.* 25 (1997) 173–182.
- [35] N.J. Aebischer, P.A. Robertson, R.E. Kenward, Compositional analysis of habitat use from animal radiotracking data, *Ecology* 74 (1993) 1313–1325.
- [36] J. Jacobs, Quantitative measurements of food selection, *Oecologia* 14 (1974) 413–417.
- [37] B.F.J. Manly, L.L. McDonald, D.L. Thomas, R.L. McDonald, W.P. Erickson, Resource selection by animals: statistical design and analysis for field studies, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, 2002.
- [38] M.L. Carranza, C. Ricotta, M. Carboni, A.T.R. Acosta, Habitat selection by invasive alien plants. A bootstrap approach, *Preslia* 83 (2011) 529–536.
- [39] B.F.J. Manly, Randomization bootstrap and Monte Carlo methods in biology, Chapman & Hall/CRC, Boca Raton, FL, USA, 2007.
- [40] S. Del Vecchio, A.T.R. Acosta, A. Stanisci, The impact of *Acacia saligna* invasion on Italian coastal dune EC habitats, *C. R. Biologies* 336 (2013) 364–369.
- [41] A.T.R. Acosta, C.F. Izzi, A. Stanisci, Comparison of native and alien plant traits in Mediterranean coastal dunes, *Comm. Ecol.* 7 (2006) 35–41.
- [42] S. Mazzoleni, A. Esposito, Vegetative re-growth after fire and cutting of Mediterranean macchia species, in: L. Trabaud, R. Prodon (Eds.), *Fire in Mediterranean ecosystems*, ECSC-EEC-EAEC, Brussels–Luxembourg, 1993, pp. 87–99.
- [43] J.D. Anadon, A. Gimenez, I. Perez, M. Martinez, M.A. Esteve, Habitat selection by the spur-thighed tortoise *Testudo graeca* in a multisuccessional landscape: implications for habitat management, *Biodiv. Conserv.* 15 (2006) 2287–2299.
- [44] G. Blouin-Demers, P.J. Weatherhead, Habitat use by black rat snakes (*Elaphe obsoleta obsoleta*) in fragmented landscapes, *Ecology* 82 (2001) 2882–2896.
- [45] G. Blouin-Demers, P.J. Weatherhead, Thermal ecology of black rat snakes (*Elaphe obsoleta*) in a thermally challenging environment, *Ecology* 82 (2001) 3025–3043.
- [46] C. Hout-Daubremont, Étude de la thermoregulation de la tortue d'Hermann (*Testudo hermanni hermanni*) au cours de son cycle annuel, à l'aide d'une sonde intracorporelle – rythme nyctéméral et échelle thermobiologique, *Chelonii* 3 (2002) 145–154.
- [47] R. Swingland, D. Stubbs, The ecology of Mediterranean tortoise (*Testudo hermanni*): reproduction, *J. Zool.* 205 (1985) 595–610.
- [48] R. Meek, Thermoregulatory behavior in a population of Hermann's tortoise (*Testudo hermanni*) in Southern Yugoslavia, *Br. J. Herpetol.* 6 (1984) 387–391.
- [49] E. Pulford, A. Haikley, D. Stubbs, Thermal relations of *Testudo hermanni robermertensi* Wermuth in S France, *Amphibia-Reptilia* 5 (1984) 37–41.
- [50] G. Chelazzi, R. Calzolari, Thermal benefit from familiarity with the environment in a reptile, *Oecologia* 68 (1986) 557–558.

- [51] M. Carretero, A. Bertolero, G.A. Llorente, Thermal ecology of a population of *Testudo hermanni* in the Ebro Delta (NE Spain), *Sci. Herpetol.* (1995) 208–212.
- [52] V.H. Heywood, Global biodiversity assessment. United Nations Environment Program, Cambridge University Press, Cambridge, UK, 1995.
- [53] D. Simberloff, Flagships, umbrellas, and keystones: is single-species management passé in the landscape era? *Biol. Conserv.* 83 (1998) 247–257.
- [54] A. Jerolimski, M.B.N. Ribiero, M. Martins, Are tortoises important seed dispersers in Amazonian forests? *Oecology* 161 (2009) 517–528.



### **Capitolo III - Risultati e discussioni**

**Berardo F., Capula M., Stanisci A, Loy A. 2013. Selezione dell'habitat di Testudo hermanni in ecosistemi dunali della costa molisana . - Atti del II Congresso SHI Abruzzo-Molise "Testuggini e Tartarughe" Chieti, Museo Universitario "G. d'Annunzio" 27-29 Settembre 2013**

**Berardo F., Carranza M.L, Frate L., Stanisci A., Loy A. Comptes Rendues Biologies 2015 (in press). Seasonal habitat preference by the flagship species Testudo hermanni: implications for the conservation of coastal dunes . <http://dx.doi.org/10.1016/j.crv.2015.03.002>**

Nel 2009, durante lo studio pilota nell'area di transetto, sono stati catturati e marcati due esemplari di *Testudo hermanni hermanni*, una femmina adulta e un giovane. Per questo motivo nella prima sessione del 2010 compare un esemplare già marcato. E' stata inoltre rinvenuta una carcassa con evidenti segni di predazione.

Dal 2010 al 2014 sono state effettuate 21 sessioni di rilevamento di cinque giorni ciascuna. Durante le 21 sessioni di rilevamento e lo studio pilota sono state effettuate 159 catture di cui 84 ricatture (Tab.4.1 – 4.2). Sono stati marcati complessivamente 84 individui, di cui 33 giovani in età compresa tra 0 e 6 anni, 34 femmine e 17 maschi.

Anno	Maschi	Femmine	Giovani	Totale anno	% marcati
[2009 studio pilota]	0	1(1)	1(1)	2 (2)	0%
2010	10 (8)	27 (18)	13 (12)	50 (38)	76%
2011	6 (4)	12 (7)	9 (6)	27 (17)	63%
2012	2 (1)	15 (4)	13 (9)	30 (14)	46,6%
2013	6(2)	9 (3)	9 (1)	24 (6)	20,8%
2014	4 (2)	14 (1)	8 (4)	26 (7)	27%
Totale	28 (17)	78 (34)	53 (33)	159 (84)	52%

Tab. 4.1 - Numero di esemplari catturati ogni anno, tra parentesi i nuovi esemplari non ancora marcati. Sono incluse anche le ricatture dell'anno.

Anno	Catture totali marzo	Catture totali aprile	Catture totali maggio	Catture totali giugno	Catture totali luglio	Catture totali agosto	Catture totali settembre	Catture totali ottobre	Catture totali	Marcati nuovi
2010	7	7	7	12	0	0	7	10	50	38
2011	–	–	17	10	–	–	–	–	27	17
2012	–	–	9	16	–	–	5	–	30	14
2013	–	8	0	11	–	–	3	3	25	6
2014	–	-	13	11	–	–	2	–	26	7
TOTALE	7	15	46	59	-	-	17	13	157	85

Tab.4.2 tabella riassuntiva del numero totale di esemplari catturati per ogni anno (Catture totali) e per ogni sessione (Catture totali marzo/ottobre) comprensivi delle ricatture. Nel campo "Marcati nuovi" è riportato il numero di esemplari nuovi catturati e marcati in ogni anno.

Dal confronto tra il numero totale di catture e il numero di esemplari catturati non marcati è emerso che la popolazione femminile di testuggini, rispetto a quella giovanile (60%) e a quella maschile (64%), viene ricatturata con minore frequenza(43%). Diversamente dagli studi precedenti

che hanno messo in evidenza che i giovani, essendo meno attivi, hanno una frequenza di cattura di 3-4 volte più bassa rispetto a quella degli adulti (Hailey, 1990).

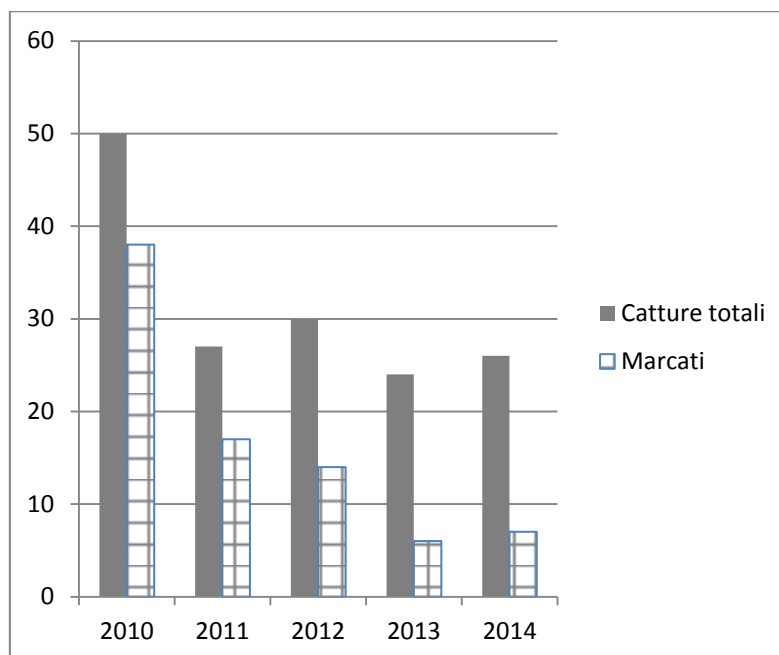


Fig. 4.1 Confronto tra il numero totale di catture comprensivo delle ricatture (grigio scuro) e il numero di esemplari nuovi catturati e marcati (griglia) in ogni anno.

Dal confronto tra il numero totale di catture, comprensivo delle ricatture, e il numero di esemplari nuovi catturati e marcati in ogni anno si evidenzia, nei diversi anni, un trend in diminuzione costante del numero di esemplari nuovi. Questo potrebbe indicare che la popolazione stanziale è territoriale e che, nonostante le difficoltà riscontrate per questa specie per la stima delle popolazioni di *Testudo hermanni* (Courtier *et al.*, 2013), le tecniche di CMR ripetute portano ad avvicinarsi alla stima reale dell'abbondanza della popolazione. La frequenza media degli esemplari nuovi catturati in ogni anno è del 41 %. La differenza della frequenza di ricattura tra i diversi anni è significativa si passa dal 76% di cattura di nuovi esemplari nel primo anno(2009), al 27%, registrato nell' ultimo anno di monitoraggio (2014).

### Dimensioni e densità della popolazione

In tabella 4.3 sono stati riportati i dati di partenza utilizzati per l'applicazione della stima della popolazione con il metodo Lincoln Petersen (White *et al.*, 1982; Schwarz e Seber, 1999).

Anno	Sessioni considerate	ni	ni+1	mi+1	Pi	Densità per ettaro
2010	maggio - giugno	7	12	1	84	16,8/ha
2011	maggio - giugno	15	10	2	75	15/ha
2012	maggio - giugno	8	13	3	34,6	6,93/ha
2013	aprile- giugno	7	8	1	56	11,2/ha
2014	maggio - giugno	10	6	2	30	6/ha

<b>Media 2010 /2014</b>					55,93	11,18/ha
-------------------------	--	--	--	--	-------	----------

Tab. 4.3 Dati utilizzati per l'applicazione della stima della popolazione con il metodo Lincoln Petersen. Dove:  $P_i$  = dimensione della popolazione al giorno  $i$ ;  $n_i$  = individui catturati, marcati e rilasciati il giorno  $i$ ;  $n_{i+1}$  = numero di individui catturati la seconda volta, cioè il giorno  $i+1$ ;  $m_{i+1}$  = numero di individui marcati ricatturati il giorno  $i+1$

Dal confronto delle densità nei vari anni emerge che la densità della popolazione è diminuita. Tale dato, più che da un declino della popolazione, potrebbe essere influenzato dalla ripresa delle aree incendiate nel 2007. La nostra area di studio è circondata infatti da aree compromesse dall'incendio avvenuto nel luglio del 2007. Prima del passaggio del fuoco questi settori dunali erano ricoperti dall'habitat "Dune con foreste di *Pinus pinea* e/o *Pinus pinaster*" (codice 2270\*), che è stato sostituito poi dal mosaico di habitat "Dune con prati di Malcolmetalia, Dune con prati dei Brachypodietalia e vegetazione annua e Dune con vegetazione di sclerofille dei *Cisto-Lavenduletalia*" (codici 2230, 2240, 2260). Tale cambiamento della struttura vegetazionale ha comportato delle variazioni nel microclima e nel microhabitat, una diminuzione della disponibilità di rifugi e, di conseguenza, l'aumento del rischio di predazione (Popgeorgiev, 2008). Per tali motivi è probabile che la nostra area di studio, essendo stata schivata dall'incendio, sia stata oggetto, negli anni immediatamente successivi alla catastrofe, di immigrazioni di testuggini provenienti dalle aree limitrofe, interessate dal passaggio del fuoco, comportando un aumento circoscritto della densità media della popolazione.

Dal confronto con le stime effettuate in altre località, possiamo notare che sussiste un'alta variabilità di densità fra le varie popolazioni europee (Tab.4.4). Il dato più basso è stato registrato in Italia per la popolazione del Bosco della Mesola con una media di 0,94 individui per ettaro, mentre il dato più alto, con ben 77 individui per ettaro, è stato registrato nell'isola di Aliki in Grecia. Confrontando il nostro dato con le altre densità italiane si nota che la nostra popolazione presenta un alto numero di esemplari per ettaro .

Autori	Località	Stima (es/ha)
Mazzotti et al. (1994)	Delta del Po - I	0,94
Mazzotti et al. (2002)	Delta del Po - I	1
Cheyland (1981)	Maures-F	3
Carbone e Paglione (1991)	P.N. Maremma- I	3,44
Stubbs e Swingland (1984)	Maures-F	11
Mazzotti et al. (2007)	Delta del Po- I	12
Gentilotti (2004)	Isernia- I	15,35
Ramacciato (2003)	Isernia - I	16,16
Chelazzi e Francisci (1979)	Capalbio-I	17
Meek (1985)	Montenegro	39
Stubbs et al. (1984)	Alyki- GR	47
Hailley e Willemsen (2000)	Aliki - GR	77

Stubbs e Swingland (1985)	Maures-F	>10
Corti et al. (2004)	P N Asinara - I	4,88 *

Tab. 4.4 Confronto fra stime delle densità di alcune popolazioni di testuggine di Hermann.

## Rapporto tra sessi

La sex ratio media nei 5 anni, calcolata come il rapporto tra il numero degli individui maschi e il numero degli individui femmine, è pari a 0,37, con un valore minimo nel 2012 (0,25) e massimo nel 2010 e nel 2014 (0,44 – Tab. 4.5).

	Maschi	Femmine	Sex ratio
Anno 2010	8	18	0,44
Anno 2011	4	11	0,36
Anno 2012	2	8	0,25
Anno 2013	3	9	0,33
Anno 2014	4	9	0,44
Media			0,37

Tab. 4.5 – Rapporto sessi calcolato sulle catture totali (comprehensive delle ricatture degli anni precedenti) per tutti gli anni di campionamento.

Durante la nostra esperienza di campo non sono mai state trovate femmine riportanti ferite legate ad una pressione dovuta a corteggiamento. Questo conferma la prevalenza numerica delle femmine e una ridotta aggressività dei maschi nel periodo del corteggiamento.

Normalmente il rapporto sessi è in equilibrio (es. Isernia ( Loy et al., 2007); Bosco della Mesola (Mazzotti et al., 1994, 2002); Massif des Maures (Stubbs et al., 1985), Sardegna (Corti et al., 2003) ad eccezione delle popolazioni in declino dove le femmine sono normalmente più frequenti (Cheylan, dato inedito).

Le popolazioni in declino però sono anche caratterizzate da un basso numero di individui giovani che rappresentano spesso meno del 15% degli adulti (Stubbs e Swingland, 1985; Paglione e Carbone 1990) e ciò non concorda con il nostro caso dove addirittura i giovani rappresentano il 43% della popolazione. I nostri rilievi, inoltre, sono stati effettuati maggiormente nel mese di Maggio e di Giugno e, poiché il rapporto tra sessi può essere influenzato anche dalla differente attività dei maschi e delle femmine nelle diverse stagioni (Paglione e Carbone 1990; Carbone e Paglione, 1991), il rapporto fra i sessi 'operativo' potrebbe aver risentito delle forti oscillazioni stagionali. Così come è stato riscontrato anche, ad esempio, nel caso della popolazione toscana dove si è visto che varia da 0.458 in Maggio-Giugno a 1.457 (Luglio-Agosto) e a 3.5 (Settembre), marcando così un progressivo aumento nella percentuale di maschi attivi (Paglione e Carbone 1990; Carbone e Paglione, 1991).

Il rapporto sessi della nostra popolazione, sbilanciato a favore delle femmine, potrebbe essere determinato anche dalle alte temperature di incubazione. Infatti in molte specie di *Cheloni* la

determinazione del sesso non è genotipica ma ambientale e in particolare per le *Testudo hermanni*, grazie a numerose osservazioni puntuali in cattività (Avanzi e Millefanti 2003), è stato riscontrato che con temperature di 26-29,5°C nascono tutti maschi, a 30-32°C nascono maschi e femmine in proporzione variabile e tra i 32,5 e i 33°C nascono solo femmine.

### Classi e piramidi di età

In Tab. 4.6a,b,c,d,e, sono riportate le classi di età della popolazione, basate sul numero di anelli di accrescimento di una delle placche costali degli esemplari catturati (Stubbs et al., 1984).

classi d'età	giovani	femmine	maschi
classe 0-3	3		
classe 4-6	9		
classe 7-9		10	5
classe 10-12		6	3
classe 13-14		2	
totale	12	18	8

Tab. 4.6 a - Classi d'età riscontrate nella popolazione nell'anno 2010.

classi d'età	giovani	femmine	maschi
classe 0-3	2		
classe 4-6	5		
classe 7-9		3	1
classe 10-12		6	2
classe 13-15		1	1
classe 16- 18		1	
totale	7	11	4

Tab. 4.6 b - Classi d'età riscontrate nella popolazione nell'anno 2011.

classi d'età	giovani	femmine	maschi
classe 0-3	3		
classe 4-6	2		
classe 7-9	4	1	
classe 10-12		4	1
classe 13-15		3	1
classe 16- 18			
Totale	4	8	2

Tab. 4.6 c - Classi d'età riscontrate nella popolazione nell'anno 2012.

2013			
classi d'età	giovani	femmine	maschi
classe 0-3			

classe 4-6	1		
classe 7-9	2	2	1
classe 10-12		3	2
classe 13-15		4	
classe 16- 18			
Totale	3	9	3

Tab. 4.6 d - Classi d'età riscontrate nella popolazione nell'anno 2013.

classi d'età	giovani	femmine	maschi
classe 0-3	3		
classe 4-6	2		
classe 7-9	2	1	3
classe 10-12		5	1
classe 13-15		3	
classe 16- 18			
Totale	7	9	4

Tab. 4.6 e - Classi d'età riscontrate nella popolazione nell'anno 2014.

Tenendo conto che, come già specificato nel paragrafo “Determinazione del sesso”, che nei giovani, fino ai sei anni d'età circa (Stubbs et al. 1984), poiché non sono ancora ben sviluppati i caratteri morfologici secondari non è possibile determinare il sesso (Willemsen e Hailey, 1999) e, pertanto, il numero di catture è stato ripartito tra i maschi e le femmine nelle classi d'età 1-3 e 4-6.

Dai dati di distribuzione dei sessi nelle classi d'età è stato possibile costruire le piramidi della popolazione nei relativi anni di monitoraggio (Fig. 4.2 a-b-c-d-e).

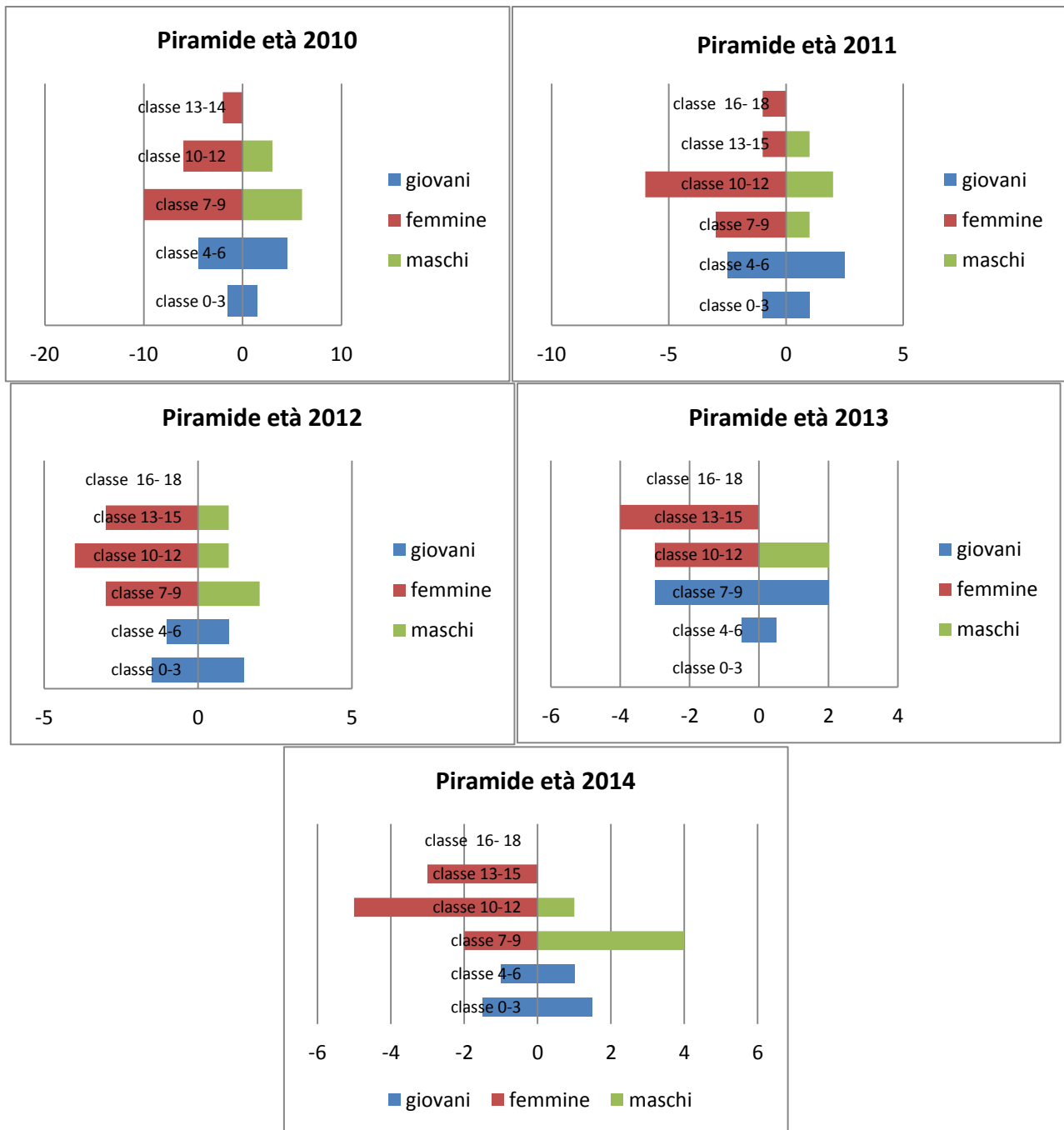


Fig.4.2 a-b-c-d-e Piramidi età calcolate per ogni anno di monitoraggio (2010 – 2014).

Le piramidi d'età hanno assunto una forma ad albero nei primi due anni (2010 e 2011), il che solitamente indica un invecchiamento della popolazione, conseguenza di un calo dei tassi di natalità e del tasso di mortalità. Nel caso delle Testuggini di Hermann, però, poiché i giovani, risultano meno attivi e hanno una frequenza di cattura di 3-4 volte più bassa rispetto a quella degli adulti (Hailey, 1990), non possiamo affermare che la popolazione sia stata in forte declino. Infatti, negli anni successivi la piramide assume la classica forma piramidale che sta appunto ad indicare una popolazione in forte crescita con una elevata percentuale di giovani.



<b>Codice</b>	<b>Sesso</b>	<b>Anelli di accrescimento</b>	<b>Data della prima cattura</b>	<b>Date delle Ricatture</b>	<b>N° di ricatture</b>	<b>Giorni intercorsi tra la prima e l'ultima cattura</b>
3	m	8	26/03/2010	21/4/2010; 20/05/2011	2	420
9	m	10	29/03/2010			
11	m	10	20/04/2010			
20	m	9	14/06/2010			
29	m	10	04/09/2010	28/04/2013	1	967
32	m	10	07/09/2010			
34	m	6	08/09/2010			
36	m	9	03/10/2010			
39	m	9	06/10/2010			
43	m	12	19/05/2011	19/09/2012	1	489
47	m	12	21/05/2011	15/06/2011	1	25
48	m	8	21/05/2011	17/09/2014	1	1215
53	m	13	17/06/2011			
69	m	12	25/04/2012	18/09/2012 ; 25/04/2013	2	25
71	m	9	25/04/2013	28/04/2013; 24/06/2013; 26/06/2013	3	62
81	m	8	09/06/2014	12/06/2014	1	3
82	m	9	12/06/2014			
2	f	9	10/10/2009			
4	f	6	26/03/2010	03/10/2010	1	191
5	f	9	26/03/2010	19/05/2010; 18/06/2011	2	449
6	f	5	26/03/2010	19/05/2010	1	54
7	f	6	27/03/2010	03/10/2010	1	190
8	f	12	27/03/2010			
10	f	13	18/04/2010	21/04/2010; 19/06/2012	1	793
12	f	11	21/04/2010			
13	f	8	21/04/2010			
15	f	10	17/05/2010			
16	f	11	17/05/2010			
17	f	8	19/05/2010	14/06/2010;18/05/2011	2	364
18	f	5	19/05/2010	3/10/2010; 22/05/2011	2	368
19	f	12	13/06/2010	06/10/2010	1	115
23	f	8	14/06/2010	23/06/2013;24/06/2013	2	1106
30	f	10	06/09/2010	4/10/2010;25/5/2012	2	627
31	f	13	07/09/2010	25/05/2012;14/10/2013 22/05/2014;12/06/2014	4	1374
33	f	7	07/09/2010	23/06/2013	1	1020
40	f	10	06/10/2010	21/05/2011	1	227
41	f	10	18/05/2011			
45	f	11	20/05/2011	21/05/2011;11/06/2014	2	1118
46	f	13	21/05/2011			
49	f	11	22/05/2011			
52	f	15	16/06/2011			
54	f	12	18/06/2011	23/05/2012;19/06/2012;	3	1066

19/05/2014						
55	f	16	18/06/2011			
59	f	8	22/05/2012	25/05/2012;20/06/2012; 21/06/2012	3	30
62	f	14	19/06/2012	11/06/2014;19/05/2014	2	699
64	f	10	20/06/2012	21/06/2012;23/06/2013	2	368
65	f	13	20/06/2012	22/06/2012;20/05/2014	2	699
73	f	13	28/04/2013	10/10/2013	1	165
75	f	12	03/09/2013			
77	f	14	10/10/2013			
84	f	11	17/09/2014			
1	g	3	10/10/2009	18/05/2010	1	220
14	g	1	22/04/2010			
21	g	4	14/06/2010	19/06/2012; 22/06/2012; 23/05/2014; 12/06/2014; 13/06/2014	5	1460
22	g	4	14/06/2010	15/06/2010	1	1
24	g	4	15/06/2010			
25	g	4	16/06/2010			
26	g	5	16/06/2010			
27	g	3	17/06/2010	26/04/2013	1	1044
28	g	5	17/06/2010			
35	g	4	08/09/2010	24/06/2013	1	1020
37	g	6	04/10/2010			
38	g	4	05/10/2010			
42	g	0	18/05/2011			
44	g	6	20/05/2011			
50	g	5	22/05/2011	16/06/2011	1	25
51	g	5	22/05/2011			
56	g		19/06/2011			
57	g	6	19/06/2011			
58	g	2	22/05/2012			
60	g	9	22/05/2012	19/06/2012	1	25
61	g	5	24/05/2012	19/06/2012	1	26
63	g	7	19/06/2012	25/06/2013;21/5/2014	2	701
65 b	g	3	21/06/2012			
66	g	9	22/06/2012			
67	g	5	17/09/2012			
68	g	3	17/09/2012			
70	g	7	18/09/2012			
72	g	7	23/06/2013	25/06/2013	1	2
74	g	6	02/09/2013	19/05/2014	1	259
78	g	1	19/05/2014			
79	g	1	21/05/2014			
80	g	2	21/05/2014			
83	g	6	13/06/2014			

Tab. 4.7 Dettagli relativi alle date di cattura e ricattura; m: maschi, f: femmine, g: giovani. Vengono anche indicati il codice dell'animale e il numero di anelli di accrescimento osservati alla prima cattura dell'esemplare.

Categoria	Numero totale di esemplari	Numero di esemplari ricatturati	Ricatturati 1 volta	Ricatturati 2 volte	Ricatturati 3 volte	Ricatturati 4 volte	Ricatturati 5 volte
Maschi	17	8 (47% della popolazione maschile)	5 (62% delle ricatture maschili)	2 (25%)	1 (12,5%)	0	0
Femmine	34	20 (58%)	8 (40%)	9 (45%)	2(10%)	1(5%)	0
Giovani	33	11 (33,3%)	9 (82%)	1 (9%)	0	0	1(9%)

Tab. 4.8 Dettagli relativi alle frequenze di ricattura e ricattura.

Dall'analisi delle ricatture (tab.46 – 4.8) è emerso che il 46% della popolazione è stata ricatturata almeno una volta. In particolare, le femmine, con ben il 58 % delle femmine, è la categoria più stanziale. L'esemplare femmina più ricatturato è quello associato al codice 31 che è stato ricatturato ben 4 volte, dalla data della prima cattura alla data dell'ultima ricattura sono intercorsi 1374 giorni. Il 47 % dei maschi sono stati ricatturati con una minore frequenza rispetto alle femmine, l'esemplare 21 è stato ricatturato solo una volta a distanza di 1215 gg. I giovani sono la categoria che è stata meno ricatturata, solo il 33%, e la maggior parte solo 1 volta (82%) ad eccezione del esemplare 21 che è stato ricatturato ben 5 volte, risultando l'esemplare più ricatturato di tutta la popolazione studiata, con una distanza temporale di 1460 giorni dalla prima cattura. Tali risultati hanno confermato quanto noto in letteratura ossia che la fedeltà al sito (territorio vitale) è molto marcata (Cheylan et al.2011).

### Misure biometriche

La lunghezza del carapace e il peso degli individui sono risultati correlati significativamente in tutte le coorti (maschi, femmine e giovani) (Fig. 4.3a,b,c). Il coefficiente angolare delle rette di regressione evidenzia una relazione positiva; maschi e femmine hanno un'inclinazione simile (rispettivamente coefficiente angolare maschi e femmine: 0,0148 – 0,0127); per i giovani la relazione segue una traiettoria lievemente diversa (coefficiente angolare (0,0341), suggerendo che l'accrescimento ponderale è accompagnato da una minore accrescimento delle dimensioni all'aumento peso.

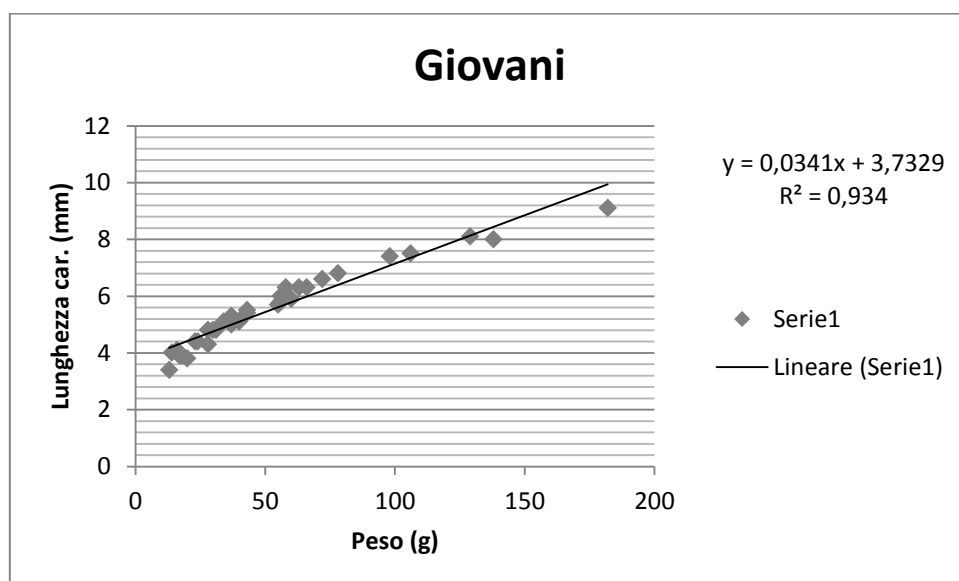
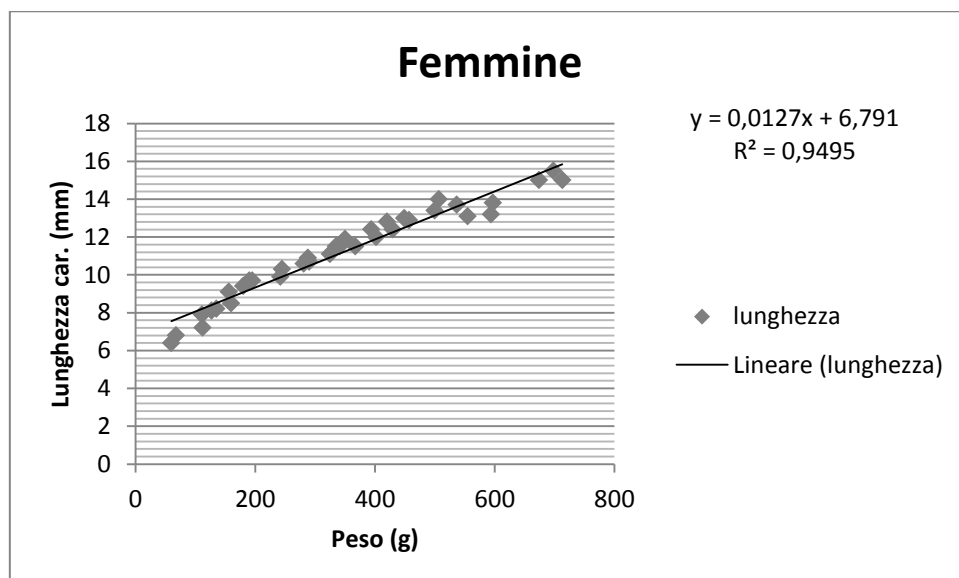
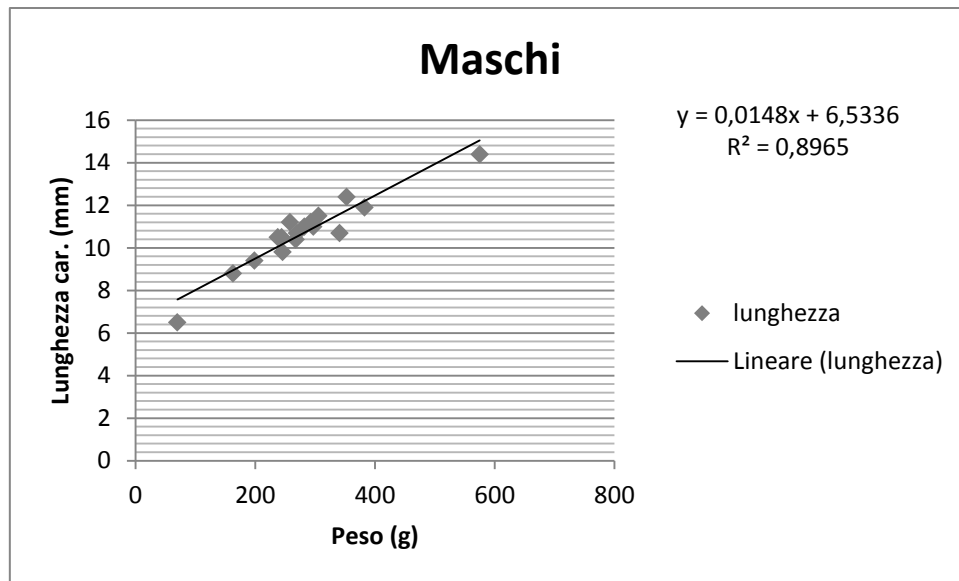


Fig.4.3 - Correlazione tra la lunghezza del carapace e il peso degli individui maschi (a), femmine (b) e giovani (c)

La lunghezza del carapace e il peso degli individui sono risultati correlati significativamente in tutte le coorti (maschi, femmine e giovani) (Fig. 4.3a,b,c). Il coefficiente angolare delle rette di regressione evidenzia una relazione positiva; maschi e femmine hanno un'inclinazione simile (rispettivamente coefficiente angolare maschi e femmine: 0,0148 – 0,0127); per i giovani la relazione segue una traiettoria lievemente diversa (coefficiente angolare (0,0341), suggerendo che l'accrescimento ponderale è accompagnato da un minore accrescimento delle dimensioni all'aumento peso.

	$\bar{x} \text{ ♂}$	$\delta x \text{ ♂}$	$\bar{x} \text{ ♀}$	$\delta x \text{ ♀}$	$\bar{x} j$	$\delta x j$
Peso (g)	281,529	105,201	339,054	188,644	52,81	39,91
Lunghezza (cm)	10,7	1,64	11,06	2,46	5,53	1,4
Larghezza (cm)	8,75	1,18	8,83	1,71	4,95	1,06
Altezza (cm)	5,5	0,85	5,65	1,42	2,9125	0,85
Età (anni)	9,64	1,8	10,13	3,01	4,48	2,23
Angolo placche angolari (°)	118,11	12,8	114	14,65	118,74	23,66
III scudo	1,82	0,25	2,03	0,45	1,07	0,34523
Traccia	8,07	1,5	8,01	1,67	4,30	1,24

Tab. 4.8 Media ( $\bar{x}$ ) e deviazione standard ( $\delta$ ) dei parametri biometrici dei maschi (♂), delle femmine (♀) e dei giovani (j) delle testuggini catturate dal 2009 al 2014.

I risultati concernenti le misure di peso, lunghezza, larghezza, altezza del carapace e lunghezza della terza placca vertebrale (tab. 4.8) hanno confermato quanto già riportato in letteratura (Cheylan, 1981; Stubbs et al., 1985), ossia che le femmine sono più grandi dei maschi. L'unica eccezione riguarda lo studio di Haley et al. (2000) nel quale i maschi sono in media più grandi delle femmine. In realtà ciò sarebbe da attribuire a un'alta mortalità delle femmine in età prematura a causa delle infezioni delle ferite arrecate da una forte pressione di corteggiamento, a sua volta legata al rapporto sessi molto a favore dei maschi.

I valori massimi di lunghezza del carapace, nella nostra popolazione, per le femmine e per i maschi sono, rispettivamente, di 155 e 144 mm. I valori medi invece per i maschi e per le femmine, rispettivamente di 107 e 110 mm, sono in linea con l'altra popolazione molisana studiata da Ramacciato (2003) e Gentilotti (2004), sono più bassi rispetto sia al panorama nazionale che a

quello europeo (tab. 4.9 e 4.10). Tale risultato è condizionato dal fatto che la nostra popolazione è molto giovane e l'età massima per le femmine e per i maschi è, rispettivamente, di 15 e 13 anni.

Autori	Località	Maschi	Femmine
Meek e Inskeep (1981) Meek (1985)	Montenegro	160	174
Stubbs et al.(1985)	Maures - Francia	154	191
Stubbs et al.(1985)	Alyki- GR	191	201
Meek (1989)	Croazia	145	164
Willemssen et al.(1999)	Grecia (più popolazioni)	238	258

Autori	Località	Maschi	Femmine
Presente studio	Campomarino	107	110
Loy et al. (2007)	Monte Santa Maria (Isernia)	95,25	108,22
Mazzotti et al.(2007)	Bosco della Mesola, Emilia Romagna	~190	~230
Corti et al.(2003)	Isola dell'Asinara, Sardegna	164	183
Ramacciato (2003)	Fraz.Fragnete di Isernia, Molise	129	166
Gentilotti (2004)	Fraz.Fragnete di Isernia, Molise	169	

Tab 4.9 – 4.10 Confronto dei parametri biometrici nel contesto europeo e in quello italiano

## Radiotelemetria

Dal 18 settembre 2012 al 28 aprile 2013 sono stati catturati e forniti di radiotrasmittente 5 maschi e 4 femmine. Sono state effettuate 40 localizzazioni (fix) per ciascun esemplare, fatta eccezione per due femmine per le quali si è perso il segnale rispettivamente dopo 6 e 22 localizzazioni.

<b>Codice esemplare</b>	<b>Sesso</b>	<b>Peso</b>	<b>Lunghezza</b>	<b>Età</b>	<b>Data primo fix</b>	<b>Data ultimo fix</b>	<b>n. fix</b>
<b>27</b>	<b>F</b>	<b>112 g</b>	<b>7,2 cm</b>	<b>8</b>	<b>26/04/2013</b>	<b>01/05/2013</b>	<b>6</b>
<b>29</b>	<b>M</b>	<b>303 g</b>	<b>9,1 cm</b>	<b>12</b>	<b>28/04/2013</b>	<b>09/01/2014</b>	<b>45</b>
<b>32</b>	<b>M</b>	<b>311 g</b>	<b>9,3 cm</b>	<b>12</b>	<b>28/04/2013</b>	<b>09/01/2014</b>	<b>44</b>
<b>43</b>	<b>M</b>	<b>279 g</b>	<b>9 cm</b>	<b>14</b>	<b>19/09/2012</b>	<b>09/01/2014</b>	<b>43</b>
<b>56</b>	<b>F</b>	<b>103 g</b>	<b>7,5 cm</b>	<b>8</b>	<b>28/04/2013</b>	<b>09/01/2014</b>	<b>45</b>
<b>69</b>	<b>M</b>	<b>255 g</b>	<b>9,5 cm</b>	<b>14</b>	<b>18/09/2012</b>	<b>09/01/2014</b>	<b>45</b>
<b>70</b>	<b>F</b>	<b>98 g</b>	<b>6,3 cm</b>	<b>7</b>	<b>18/09/2012</b>	<b>09/01/2014</b>	<b>44</b>
<b>71</b>	<b>M</b>	<b>244 g</b>	<b>8,7 cm</b>	<b>9</b>	<b>25/04/2013</b>	<b>09/01/2014</b>	<b>46</b>
<b>73</b>	<b>F</b>	<b>367 g</b>	<b>9,5 cm</b>	<b>13</b>	<b>28/04/2013</b>	<b>10/10/2013</b>	<b>22</b>

Tab. 4.11 Tabella riassuntiva degli animali radiomarcati.

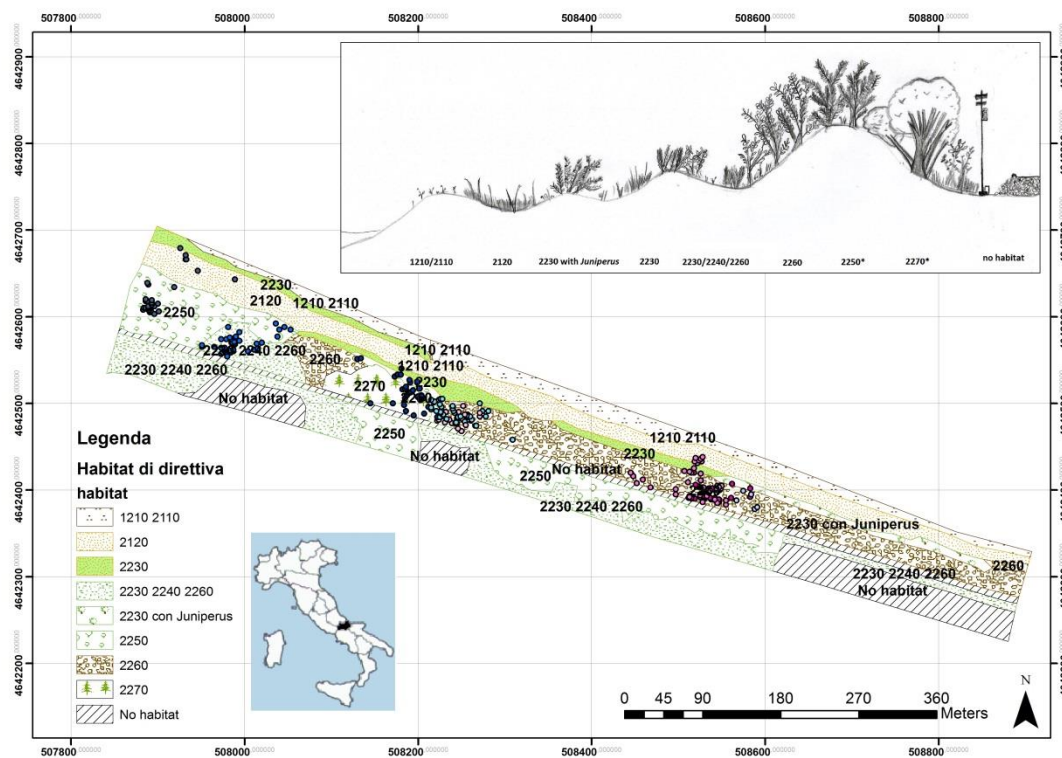


Fig. 4.4 Carta degli habitat presenti nell'area di studio di Campomarino sovrapposta alle localizzazioni (fix) degli individui radiomarcati. I cerchi in diverse gradazioni di azzurro indicano i fix di individui maschi, i cerchi in diverse gradazioni di rosa indicano i fix di individui femmine.

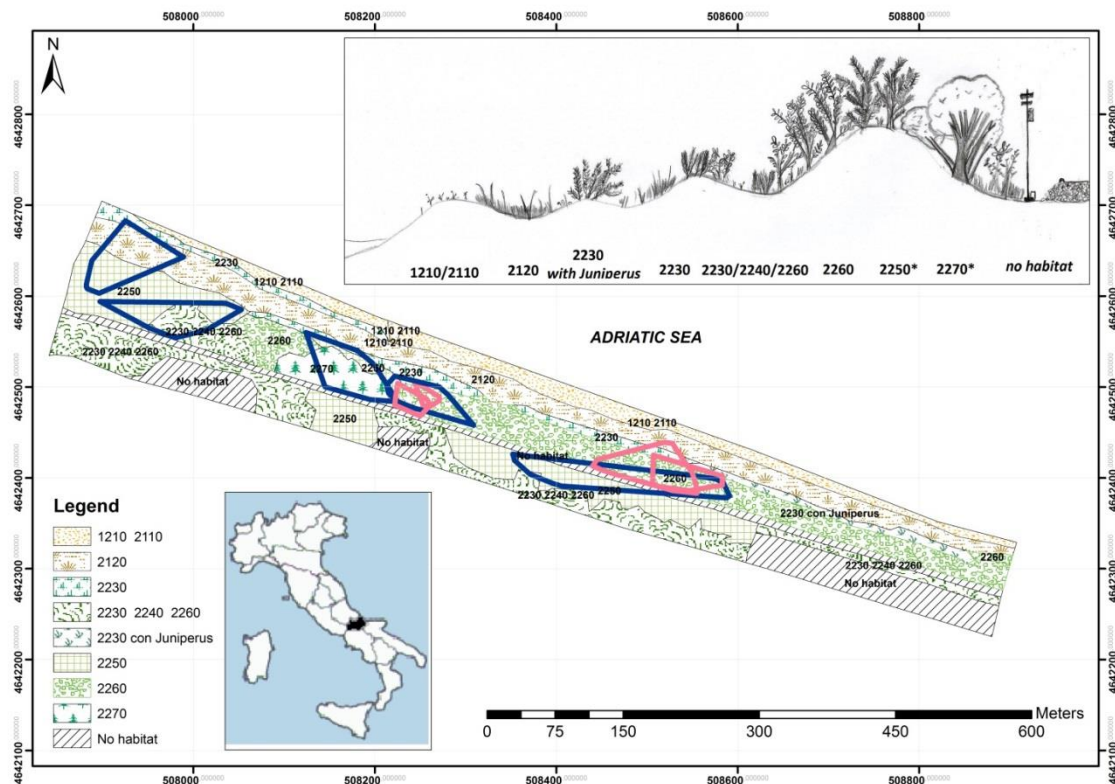


Fig. 4.5 - Home range annuali (MPC) sovrapposti alla carta degli habitat . In blu gli individui maschi in rosa e gli individui femmine.

Le dimensioni medie degli home range calcolati con MPC sono risultate di 0,21 ha (SD= 0,12 ha) per le femmine e di 0,38 ha per i maschi (SD= 0,12 ha ).

CODICE	SESSO	Home range annuale MPC (m <sup>2</sup> )	Home range annuale MPC (ha)
	70 Femmina	1891	0,19
	56 Femmina	3602	0,36
	Media	2092	0,21

Tab. 4.12 Dimensione degli home range annuali delle femmine calcolati mediante il Minimo Poligono Convesso (MPC).

CODICE	SESSO	Home range annuale MPC (m <sup>2</sup> )	Home range annuale MPC (ha)
32	Maschio	2214	0,22
43	Maschio	3557	0,36
71	Maschio	3725	0,37
69	Maschio	4225	0,42
29	Maschio	5484	0,55
Media		3841	0,38

Tab. 4.13 Stima degli home range annuali degli esemplari maschi calcolati mediante il Minimo Poligono Convesso (MPC).

Per calcolare le dimensioni medie degli home range è stato utilizzato il metodo del minimo poligono convesso, che non richiede l'indipendenza delle osservazioni, ed è stato ed è tuttora molto utilizzato. Ciò consente una comparazione con studi compiuti su altre popolazioni. E' un metodo conservativo, che resta molto aderente alle localizzazioni più esterne, senza prevedere un'area di probabilità in un'area buffer esterna. In questo senso non dovrebbe essere considerato uno stimatore troppo attendibile, soprattutto quando si devono considerare le interazioni statiche e dinamiche tra gli individui. Infatti un'aderenza così stretta ai fix più esterni ha valore solo quando si studiano specie altamente solitarie e territoriali (Gentilotti, 2004)

Le dimensioni degli home range delle femmine sono comprese tra 0,19 ha ad un massimo di 0,36 ha; per quanto riguarda i maschi, le dimensioni sono comprese tra 0,5 ha e 0,22 ha. L'estensione media degli home range delle femmine è di 0,21 ha, quella dei maschi invece è di 0,38ha.

Nella maggior parte dei casi studiati le femmine utilizzano un spazio vitale più esteso di quello dei maschi. In accordo con il nostro studio ci sono sia l'altra popolazione molisana studiata ad Isernia a Colle Santa Maria (Loy et al., 2007) e sia la popolazione studiata nel sud della Francia (Swingland et al., 1986), dove l'home range dei maschi risultano essere di dimensioni maggiori rispetto a quello delle femmine.



Dall'analisi della distribuzione dei vari home range degli esemplari seguiti (Fig.4.5) risulta una struttura poligamica ove un maschio si sovrappone a più home range di individui femmine escludendo la sovrapposizione con i territori vitali di altri maschi. Questo primo risulta nuovo rispetto a quanto emerge in letteratura (Nougaredè, 1998; Hailey 1989) e andrebbe approfondito con ulteriori analisi.

	<b>MASCHI</b>	<b>FEMMINE</b>	<b>ESTIMATORE</b>
Campomarino	0,38	0,21	MPC
Colle S.Maria, Isernia (Loy et al.2007)	1,5	1.9	MPC
Bosco della Mesola (S. Mazzotti, e al., 2001)	4,6	7,4	MPC
Maremma (Bossuto, e al., 2000)	1,7 - 3.3	0.9 - 4,2	MPC 90% (risultati simili con il Kernel al 90%)
Sud Francia (Swingland e al., 1986)	2,4	1,6	MPC
Grecia (Hailey, 1989)	1,2	2,4	MPC
Burano (Calzolari, Chelazzi, 1991)	0,2	0,3	MPC
Sud Francia (Huot-Daubremont, 1996)	0,9	2,2	MPC

Tab.4..14 – Dimensioni medie degli home range (ha) degli animali monitorati, confrontati con i risultati ottenuti in altri studi simili

Confrontando le medie degli home range degli animali seguiti con altri studi simili questi home range risultano, insieme a quelli della popolazione toscana di Burano (Calzolari e Chelazzi,1991) tra quelli con le superfici percorse più piccole rispetto a territori vitali di testuggini di altre popolazioni mediterranee studiate con il medesimo metodo del Minimo Poligono Convesso. Queste rimarchevoli differenze potrebbero essere imputabili alla ricchezza di cibo. Le piccole radure sono ricche di piante commestibili e sono ben distribuite all'interno della macchia mediterranea pertanto non vi sono cause per indurre un maggiore movimento per la ricerca di cibo.

## Variazioni mensili delle dimensioni degli home range

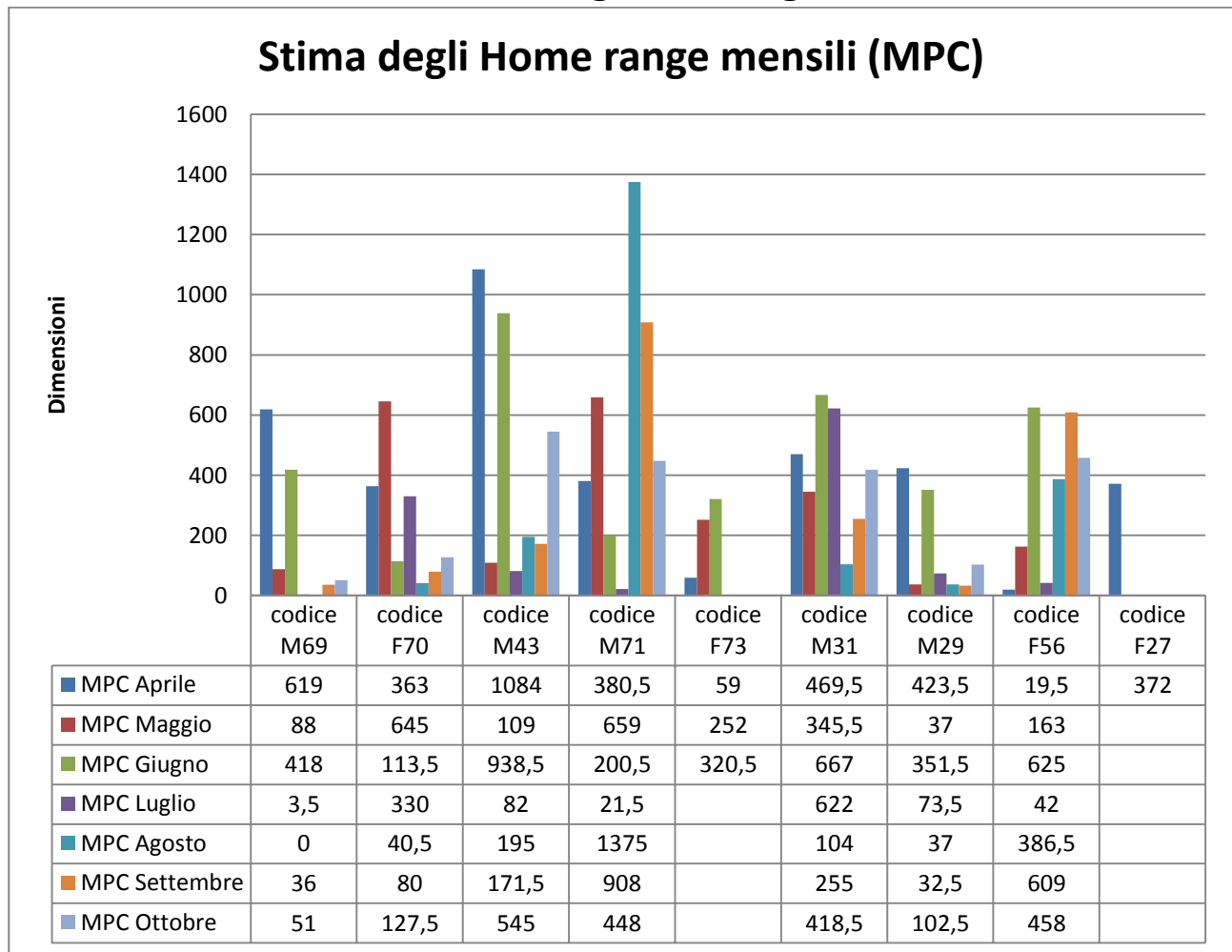


Fig. 4.6 Media degli home range mensili calcolati mediante il Minimo Poligono Convesso (MPC) per gli esemplari femmine. Le frecce indicano periodi di inattività correlati al letargo (fine ottobre – inizio aprile) e all'estivazione (metà luglio – metà agosto) .

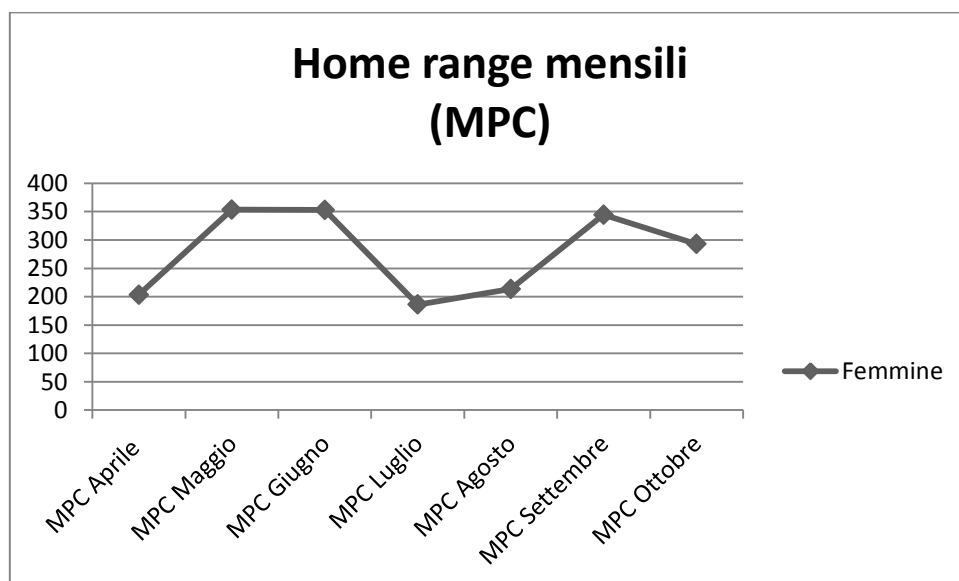


Fig. 4.6 Media degli home range mensili calcolati mediante il Minimo Poligono Convesso (MPC) per gli esemplari femmine.

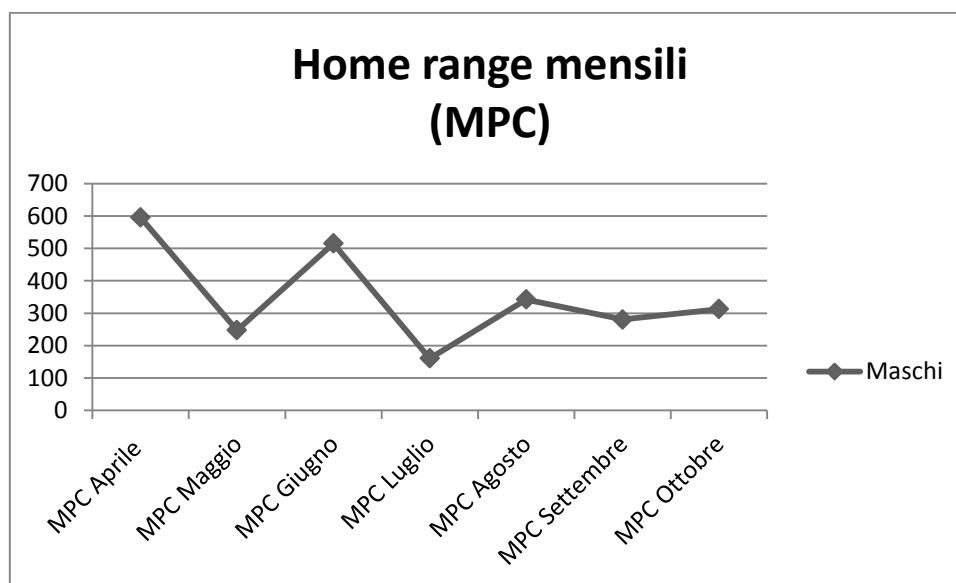


Fig. 4.7 Media degli home range mensili calcolati mediante il Minimo Poligono Convesso (MPC) per gli esemplari maschi.

I rettili sono condizionati dai fattori ambientali, specialmente le temperature ne influenzano il metabolismo e le attività (Swingland and Fraizer, 1980; Meek and Jayes, 1982; Meek and Avery, 1988; Paramanter and Avery, 1990, Diaz-Panigua et al. 1995)

Per le femmine il periodo in cui gli home range sono più grandi corrisponde ai mesi di maggio – giugno mentre, per i maschi, le variazioni delle dimensioni sono più marcate con un home range molto vasto ad aprile, in corrispondenza del risveglio dal letargo, con una diminuzione netta a maggio, in corrispondenza di una settimana molto piovosa.

Dall'analisi delle variazioni mensili degli home range risulta che la nostra popolazione ha un ciclo di attività stagionale bimodale con due picchi di attività, uno in primavera e l'altro in autunno, e con un decremento delle attività in estate come le popolazioni studiate da Cheylan nel 1981, da Hailey nel 1984, da Swingland e Stubbs nel 1985, da Meek nel 1988 e da Huot-Daubremont nel 1996.

Le uniche popolazioni che fanno eccezione, tra gli studi riportati in letteratura, sono la popolazione di *Testudo hermanni* del Bosco della Mesola (Mazzotti et al., 2002) e quella del Bosco di Fragnete (Loy e Cianfrani, 2010) che, probabilmente a causa delle temperature più miti, mostrano un ciclo di attività stagionale unimodale, senza decrementi di attività nel periodo estivo.

## Capitolo IV – Conclusioni

Tutti gli esemplari catturati appartengano alla sottospecie autoctona *Testudo hermanni hermanni* e, pertanto, si può affermare che la popolazione non ha subito l'inquinamento genetico da parte di esemplari alloctoni. La presenza di una popolazione pura autoctona rappresenta un dato rilevante poiché in varie parti dell'areale, ed in particolare in Italia, l'immissione di esemplari appartenenti a sottospecie non autoctone ha sta ponendo a rischio la conservazione delle popolazioni autoctone (Mazzotti, 2006). L'elevata densità della popolazione di testuggini di Herman studiate nel transetto di monitoraggio a lungo termine nel Sito d'Interesse Comunitario "IT- 7222217 Bonifica Ramitelli - Foce Saccione" suggerisce un'elevata capacità portante dell'area, paragonabile a 11,18 individui per ettaro. L'elevata capacità portante dell'area è probabilmente legata alla disponibilità di risorse critiche per la sopravvivenza della popolazione: la macchia a ginepro coccolone e la gariga a cisti offrono la disponibilità di rifugi e la protezione sia dai predatori che dal caldo arido delle dune, mentre il mosaico di vegetazione erbacea è importante come fonte di risorse trofiche. Tale analisi trova conferma anche nelle ridotte dimensioni degli home range degli esemplari seguiti mediante la radiotelemetria. Le dimensioni ridotte implicano che, in quest'area, l'animale può sopravvivere usando le risorse locali e non sente l'esigenza di dover espandere il proprio spazio vitale. Infatti, in piccole dimensioni riesce a trarre dei benefici in termini di fitness (Stamps, 1995).

Nonostante questi dati confortanti è emerso che nel corso dei 5 anni del monitoraggio la popolazione nell'area è diminuita da 16,8 es/ha a 6 es/ha. L'alta densità di testuggini registrata nell'anno 2010, pari a 16,8es/ha, unitamente all'alta percentuale di giovani, potrebbe indicare che il sito abbia rappresentato un'area sorgente ossia un serbatoio potenziale per la colonizzazione delle aree limitrofe dopo l'incendio del 2007(Mac Arthur e Wilson,1967) . Le aree limitrofe, nei primi 3-4 anni successivi al passaggio del fuoco, erano caratterizzate da una vegetazione con prevalenza di radure erbacee e bassa copertura dello strato arbustivo con un conseguente alto rischio di predazione ed una bassa disponibilità di rifugi. Negli anni successivi, in tali aree si è assistito ad un veloce aumento della fitomassa, grazie alla grande resilienza che caratterizza gli ambienti di macchia mediterranea e gariga, conseguentemente, le condizioni di idoneità sono notevolmente migliorate a tal punto che, molto probabilmente, hanno attirato nuovi esemplari sottraendoli dall'area sorgente.

Come suggerito dall'analisi delle preferenze ambientali, le testuggini selezionano il microhabitat sulla base delle necessità legate alla protezione e alla termoregolazione, con delle notevoli

variazioni stagionali durante l'intero ciclo di attività (Berardo et al. 2013; 2015). Dall'analisi delle piramidi d'età è emerso che nel 2010 la popolazione era in espansione, pur considerando che, in *Testudo hermanni hermanni*, la maturità sessuale è raggiunta a 12 anni nei maschi e a 12-13 anni nelle femmine (Filippi et al., 2010).

Da l confronto dei nostri risultati rispetto alle popolazioni studiate è emerso:

- La nostra popolazione ha rivelato una marcata fedeltà al territorio vitale, un dato già noto in letteratura (Cheylan et al. 2011);
- Un dato Interessante è emerso dal confronto delle medie degli home range degli animali seguiti rispetto ad altri studi simili: la nostra popolazione di testuggini, insieme alla popolazione toscana di Burano (Calzolari e Chelazzi, 1991), è risultata tra quelle con le aree più piccole rispetto ad altre popolazioni mediterranee stimate con il medesimo metodo. Inoltre, le femmine, contrariamente a quanto riportato in letteratura (Hailey 1989, Nougaredè, 1998), utilizzano un spazio vitale meno esteso di quello dei maschi;
- Queste differenze potrebbero essere imputabili alla ricchezza di risorse (rifugi e risorse trofiche) nella nostra area di studio. Le piccole radure sono ricche di piante commestibili e sono ben distribuite all'interno della ricca macchia mediterranea;
- Altra anomalia rispetto a quanto riportato in letteratura (Nougaredè, 1998; Hailey 1989) è emersa dall'analisi della distribuzione degli home range, che suggerisce l'esistenza di una struttura poligamica, dove l'home range di un maschio si sovrappone all'home range di più femmine ma mai con i territori vitali di altri maschi. Tale aspetto è molto interessante e andrebbe approfondito con ulteriori analisi;
- L'analisi delle variazioni mensili degli home range, in accordo con la maggior parte delle popolazioni studiate (Cheylan 1981; Hailey 1984; Swingland e Stubbs 1985; Meek 1988; Huot-Daubremont 1996), ha confermato che anche la popolazione studiata ha un ciclo di attività stagionale bimodale con due picchi di attività, in primavera e in autunno, e con una riduzione dell'attività in estate.

Tra le minacce rilevate durante lo studio sono da segnalare gli incendi e "l'effetto barriera" creato dalla ferrovia e dalla strada a scorrimento veloce che ne ostacolano l'espansione della popolazione verso l'entroterra.

La Regione Molise ha redatto un Piano Antincendio Boschivo ove tra le aree prioritarie da difendere in via preferenziale ci sono anche le aree di Natura 2000. Tuttavia tale piano menziona solo la prevenzione e la difesa tralasciando l'aspetto del recupero ambientale. La facilitazione dei meccanismi di autorecupero della vegetazione in tali aree, caratterizzate da valenze ed emergenze naturalistiche, permetterebbe un recupero con tempi più ridotti senza gravare ulteriormente sulle dinamiche delle popolazioni faunistiche.

Tra le misure di conservazione, necessarie alla mitigazione degli impatti delle infrastrutture stradali, proponiamo uno studio di permeabilità (Fabrizio, 2009) per valutare l'effetto barriera degli ostacoli (Battisti, 2004) rappresentati dalla linea ferrata e dalla rete stradale che scorrono parallelamente alla costa proprio a ridosso dei cordoni dunali. Tale studio permetterebbe una collocazione ottimale delle opere di mitigazione come, ad esempio, recinzioni per evitare l'attraversamento e sottopassi e sovrappassi naturalizzati per garantire il passaggio e, di conseguenza, l'espansione verso il retroduna e l'entroterra (Guyot e Clobert, 1996).

Nella politica di conservazione la vegetazione delle dune riveste un ruolo preponderante nella salvaguardia della fauna costiera, innescando una sorta di "protezione a catena" che parte dalla specie vegetali psammofile, passa alla fauna per finire a scala di paesaggio.

Sempre come politica di conservazione le testuggini, essendo capaci di innescare una biofilia diffusa, possono essere considerate come specie bandiera, ovvero in grado di attirare l'attenzione dell'opinione pubblica, favorendo la penetrazione di campagne di sensibilizzazione e conoscenza sulla perdita della biodiversità o sulla necessità di tutela di determinate aree.

L'attività di monitoraggio a medio e lungo termine (LTER), in fase di svolgimento in questi siti da parte del Dipartimento Bioscienze e Territorio dell'Università del Molise, riveste un ruolo di cruciale importanza per conoscere le dinamiche della specie nel lungo periodo, come dimostrato dalle forti variazioni osservate nei 5 anni di questo studio. Dal punto di vista scientifico, nell'ambito delle attività LTER, è auspicabile avviare ulteriori ricerche mirate ad accertare la causa e la persistenza del rapporto tra sessi a favore delle femmine e ad approfondire, tramite ulteriori studi di telemetria con tecnologia gps, le interazioni statiche e dinamiche tra gli individui mediante gli algoritmi proposti da Kernohan et al.(2001). Dimensioni e forma degli home range potrebbero essere posti in relazione alla disposizione e la copertura degli habitat dunali, alla diversità floristica e all'incidenza e la tipologia di disturbo antropico e, successivamente, valutando

queste correlazioni per ogni stagione ed attività. I risultati potranno poi essere utilizzati per la definizione di scenari predittivi, per la definizione del rischio di estinzione e per proporre modalità gestionali in merito alla tutela della popolazione.

Infine, essendo l'area limitrofa ai siti indagati in fase di recupero post-incendio della vegetazione arbustiva e ora interessata da azioni di rimboschimento con specie native, nell'ambito del progetto comunitario Life Maestrale, sarebbe opportuno monitorarne il processo di ricolonizzazione da parte delle testuggini, confermando l'emigrazione di un eventuale contingente dall'area di studio, a conferma del suo ruolo ipotizzato di area sorgente.





## **Materiale supplementare**

- Berardo F., Capula M., Carranza M.L., Anna Loy 2012. Identification via suitability model of potential nesting areas for the loggerhead turtle *Caretta caretta* along the Adriatic coast of Molise. *NATURA RERUM* - 1 (2012): 1-7
- Berardo F., Carranza M.L., Ciccorelli G., Del Vecchio S., Fusco S., Iannotta F., Loy A., Roscioni F., Stanisci A. 2012. Un sit per la conservazione e gestione sostenibile delle dune costiere: il progetto life maestrale (LIFE 10NAT/IT/000262). Quarto Simposio Internazionale "Il monitoraggio costiero mediterraneo: problematiche e tecniche di misura". del Centro Nazionale delle Ricerche (Fondazione LEM, Livorno 12-14 giugno 2012).
- Ciccorelli G., Carranza M.L., Stanisci A., Loy A., Marino D., De Lisio L., Berardo F. 2012. Sistema di Supporto decisionale per la conservazione della biodiversità minacciata nei sistemi agricoli. Il progetto DINAMO (Life NATIT00324). 16a Conferenza Nazionale ASITA, 2012. Fiera di Vicenza. Atti: 451- 459 ISBN 978-88-903132-7-1
- Berardo F., Carranza M.L., Ciccorelli G., Del Vecchio S., Fusco S., Loy A., Roscioni F., Stanisci A. 2012. Un SIT per la gestione, e la conservazione della biodiversità nelle dune costiere. Il caso di MAESTRALE (LIFE 10NAT/IT/000262) . 16a Conferenza Nazionale ASITA, 2012. Fiera di Vicenza. Atti: 203 - 209 ISBN 978-88-903132-7-1

## Bibliografia

- Acosta A., Blasi C., Stanisci A. (2000). Spatial connectivity and boundary patterns in coastal dune vegetation in the Circeo National Park, Central Italy. *Journal of Vegetation Science* 11: 149-154.
- Acosta A., M.L. Carranza & F. Izzi. 2005. Combining Land cover mapping of coastal dunes with vegetation analyses. *Applied Vegetation Science*. 8: 133-138.
- Acosta A., Carranza M.L., Izzi C.F. (2009). Are there habitats that contribute best to plant species diversity in coastal dunes? *Biodiversity and Conservation* 18: 1087-1098
- Acosta A. (2012). Dune sabbiose costiere dell'Italia centrale. In: Bertoni R. (2012). La rete italiana per la ricerca ecologia a lungo termine (LTER-Italia). Situazione e prospettive dopo un quinquennio di attività (2006-2011). Aracne Editrice, Lanuvio. pp. 99-108
- Affronte M., Dominici A., Montanari S. 2001. Tartarughe marine: Biologia e Conservazione. Ed. tur S.r.l..
- Amlaner C.J., D.W. Macdonald (Eds). 1980. A handbook on Biotelemetry and Radio Tracking. Pergamon Press, Oxford.
- Andersen J. 1962. Roe deer census and population analysis by means of a modified marking-release technique. In: The exploitation of natural animal population. Le Cren E.D. e Holdgate M.W. (ed.). Blackwell Scientific Publications, Oxford. Pp. 72-82.
- Avanzi M. & Millefanti M. 2007. Il grande libro delle Tartarughe. De Vecchi.
- Aucelli, P.P.C., Iannantuono E., Roskopf C.M. 2003. Evolutionary trends and present morphodynamics along the Molise coast and their relationship to shore protection structures (Southern Italy). Atti del Convegno: 4<sup>th</sup> European Congress on Regional Geoscientific Cartography and Information Systems. Bologna, Giugno 2003, pp. 157-159
- Balbontin, J. 2005. Identifying suitable habitat for dispersal in Bonelli's Eagle: an important issue in halting its decline in Europe. *Biological Conservation*. 126: 74-83.
- Barash D.P. 1977. Sociobiology and behaviour. 2 ed. Elsevier, New York, N.Y. U.S.A.
- Berardo F., Capula M., Stanisci A., Loy A., 2013. Selezione dell'habitat di *Testudo hermanni* negli ecosistemi dunali della costa molisana. Atti II Congresso SHI Abruzzo-Molise "Testuggini e Tartarughe" Chieti, Museo Universitario "G. d'Annunzio" 27-29 Settembre 2013. 6 pp.
- Bertolero, A., Cheylan, M., Hailey, A., Livoreil, B., and Willemsen, R.E. 2011. *Testudo hermanni* (Gmelin 1789) – Hermann's Tortoise. In: Rhodin, A.G.J., Pritchard, P.C.H., van Dijk, P.P., Saumure, R.A., Buhlmann, K.A., Iverson, J.B., and Mittermeier, R.A. (Eds.). *Conservation Biology of Freshwater Turtles and Tortoises: A Compilation Project of the IUCN/SSC Tortoise and Freshwater Turtle Specialist Group*. Chelonian Research Monographs No. 5, pp. 059.1-059.20, doi:10.3854/crm.5.059.hermann.v1.2011, <http://www.iucn-tftsg.org/cbftt/>.
- Biondi E. 1999. Diversità fitocenotica degli ambienti costieri italiani. Supplemento bollettino Museo Civico Scienze Naturali di Venezia. 49: 39-105.
- Blasi C., Ciancio O., Iovino F., Marchetti M., Michetti L., Di Marzio P., Ercole S., Anzellotti I. 2001. Il contributo delle conoscenze fitoclimatiche e vegetazionali nella definizione della rete ecologica d'Italia. Atti del convegno "La conoscenza botanica e zoologica in Italia: dagli inventari al monitoraggio".

Boitani L., Corsi F., Falcucci A., Maiorano L., Marzetti I., Masi M., Montemaggiori A., Ottaviani D., Reggiani G., Rondinini C. 2002. Rete Ecologica Nazionale. Un approccio alla conservazione dei vertebrati italiani. Università di Roma "La Sapienza", Dipartimento di Biologia Animale e dell'Uomo; Ministero dell'Ambiente, Direzione per la conservazione della Natura; Istituto di Ecologia Applicata.  
<http://www.gisbau.uniroma1.it/REN>.

Bossuto P., Giacoma C., Balletto E., Rolando A., 1996 - Movimenti e aree famigliari in una popolazione di *Testudo hermanni* Gmelin nel Parco Naturale della Maremma. Riassunti 1° Congresso SHI (Torino 2-6 ottobre 1996): pag. 62.

Bossuto P., Giacoma C., Rolando A. Balletto E. 2000. Caratteristiche delle aree familiari in una popolazione di *Testudo hermanni* Gmelin del Parco Naturale della Maremma (GR). ). Atti del I Congresso Nazionale della Societas Herpetologica Italica (Torino, 1996), Mus. reg. Sci. nat. Torino, 543-551.

Bour R., 1997. *Testudo hermanni*. Atlas of amphibians and reptiles in Europe. Soc. Europ. Herpetol. & Mus. Nati. Hist. Nat. (IEGB/SPN), Paris.

Braun Blanquet J. 1932. Plant Sociology. Mc Graw-Hill Book Company, Inc, New Jork and London 1932.

Brown J. L., 1964. The evolution of diversity in avian territorial systems. *Wilson Bull.* 76 (2 ): 160-169.

Brown J.L., 1969. Territorial Behavior and population regulation in birds: A review and revaluation. *Wilson Bulletin* 81: 293-329.

Bruno S. e Guacci C. (1993) Appunti di erpetofauna molisana. Estr. da: *Annali dei musei civici, Rovereto* 8 (1992): 249-332

Bruno S. Taratruge e sauri d'Italia. Vol. I. Aldo Martelli-Giunti Editor, Firenze, 256pp.

Burnham, W.A., Jenny J.P. e C.W. Turley. 1989. *Maya Project: Use of Raptors as Environmental Indices for Design and Management of Protected Areas and for Building Local Capacity for Conservation in Latin America*. Boise, ID: The Peregrine Fund, Inc.

Burt W.H. 1943 Territoriality and home range concepts as applied to mammals. *J.Mammal.* 24: 346-352.

Carbone M., Paglione G. 1991. Metodi di censimento e di studio delle popolazioni di Testudinidae. Supplemento alle ricerche di Biologia della Selvaggina (atti II Seminario Italiano Censimenti faunistici dei Vertebrati, Brescia 6-9 aprile 1989) XVI: 149- 156.

Carpenter, F. L. and R. E. MacMillan . 1976 . Threshold model of feeding territoriality and test with a Hawaiian honeycreeper. *Science*, 194 :639-642 .

Carranza M.L., Feola S., Acosta A. & Stanisci A. 2006. Analisi della composizione e della struttura spaziale del paesaggio di duna costiera in base a cartografia CORINE land cover di dettaglio. Atti 10 Conferenza Nazionale ASITA. 6pp.

Catullo, G., Masi M., Falcucci A., Maiorano L. Rondinini C, Boitani L. 2008. A gap analysis of Southeast Asian mammals based on habitat suitability models. *Biol. Conserv.* 141: 2730-2744.

Calzolari R. , Chelazzi G. 1991 . Habitat use in a central Italy population of *Testudo hermanni* Gmelin (Reptilia Testudinidae). *Ethology & Ecology & Evolution* 3: 1-14.

- Carretro M.A., Bertolero A., Llorente G.A. 1995. Thermal ecology of a population of *Testudo hermanni* in the Ebro Delta (NE Spain). In: Scientia Herpetologica, p. 208-212. Llorente G.A., Montori A., Santos X., Carretro M.A., Eds, Barcelona, Asociacion Herpetologica Espana.
- Caughley G. 1977. Analysis of vertebrate populations. John Wiley and Sons. London.
- Chelazzi G., Calzolari R. 1986. Thermal benefits from familiarity with the environment in a reptile. *Oecologia* (Berlin) 68:557-558
- Chelazzi G., Francisci F. 1979. Movement Patterns and homing behaviour of *Testudo hermanni* Gmelin (Reptilia Testudinidae). *Monit. Zool. Ital.*, 13: 105-127
- Cheylan, M. 1981 Biologie et Ecologie de la tortue d'Hermann *Testudo hermanni* Gmelin 1789. *Mem. Trav. E.P.H.E Inst. Montpellier* (13):1-404
- Cheylan, M. (2001): *Testudo hermanni* Gmelin, 1789 — Griechische Landschildkröte. In: *Handbuch der Reptilien und Amphibien Europas*, p. 179-289. Band 3/IIIA. Schildkröten (Testudines I) (Bataguridae, Testudinidae, Emydidae). Fritz, U., Ed., Wiebelsheim, Aula-Verlag
- Cheylan M, Corti C., Carpaneto G.M., Mazzotti S., Zuffi M.A.L. (2010) *Testudo hermanni* Gmelin, 1789. In: *Fauna d'Italia – Reptilia*, p.188-199. Corti C., Capula M., Luiselli L., Razzetti E., Sindaco R.. Eds Calderini Edizioni Calderini de il Sole 24 ore, Bologna.
- Congdon, J. D. and R. C. van Loben Sels. 1991. Growth and body size variation in Blanding's turtles (*Emydoidea blandingii*): relationships to reproduction. *Canad. J. Zool.* 69: 239 -245.
- Congdon, J. D. 1993. Delayed Sexual Maturity and Demographics of Blanding's Turtles (*Emydoidea blandingii*): Implications for Conservation and Management of Long-Lived Organisms. *Conservation Biology* Vol. 7 No. 4.
- Corsi F., De Leeuw J., Skidmore A. 2000. Modeling species Distribution with GIS. In "Research Techniques in Animal Ecology. Controversies and Consequences." Boitani L., Fuller T. (Eds), 11: 389-434.
- Corti, C. & Zuffi, M.A.L. (2003). Aspects of population ecology of *Testudo hermanni hermanni* from Asinara Island, NW Sardinia (Italy, Western Mediterranean Sea): preliminary data. *Amphib-Reptil.* 24, 441–447
- Corti C. (2004). Mediterranean Herpetofauna. In: *Island biodiversity*,
- Corti C, Bassu L, Biaggini M, Bressi N et al. (2013 a) Aggiornamento sulla distribuzione italiana delle testuggini terrestri appartenenti al genere *Testudo*. Atti del II Congresso SHI Abruzzo e Molise. Chieti 27-29 settembre 222: 153-170
- Corti C. Biaggini M. Bassu L DI Cerbo A.R. Di tizio L. I o cascio P., Mastropasqua f, Nulchis v, Romano A, Satta mg, Sillero N (2013b) "Indagine sullo status naturale delle testuggini terrestri (genere *Testudo*) in Italia, Relazione finale. Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Mare, pp160
- Couturier T, Cheylan M, Bertolero A, Astruc G, Besnard A (2013) Estimating abundance and population trends when detection is low and highly variable: a comparison of three methods for the Hermann's tortoise. *J Wildl Manag* 77:454–462.
- De Lapparent de Broin, France; Bour R.; Parham J. F., Perälä, J. 2006. Eurotestudo, a new genus for the species *Testudo hermanni* Gmelin, 1789 (Chelonii, Testudinidae). *Comptes rendus de l'Académie de sciences* 5(6): 803-811.

- Del Vecchio, S., Burke, R.L., Rugiero, L., Capula, M., Luiselli, M. 2011. The turtle is in the details: microhabitat choice by *Testudo hermanni* is based on microscale plant distribution. *Animal Biology* 61: 249-261.
- Del Vecchio S., Acosta A.T.R., Stanisci A. 2013. The impact of *Acacia saligna* invasion on Italian coastal dune EC habitats. *Comptes Rendus Biologies* 336: 364-369
- Del Vecchio S., Prisco I., Acosta A.T.R., Stanisci A. 2015. Changes in plant species composition of coastal dune habitats over a 20-year period. *AoB PLANTS*, Advance Access published March 5, 2015.
- Devillers P., Devillers-Terschuren J., Ledant J.-P., 1991. CORINE Biotopes manual, Habitats of the European Community. EUR 12587/3 EN. Office for Official Publications of the European Communities. In collaboration with the CORINE biotopes experts group. Commission of the European Communities. Luxembourg
- Diaz-Paniagua C., Keller C., Andreu A.C. 1995. Annual variation of activity and daily distances moved in adult spurg-thighed tortoise, *Testudo graeca*, in southwestern Spain. *Herpetologica* 51: 225-233.
- Di Florio C., Loy A., Capula M. 2006. Status e distribuzione di *Eurotestudo hermanni* in Molise. Atti del Congresso Nazionale della Societas Herpetologica Italica. Roma 27.9 - 1.10.2006
- Di Tizio L. & Di Francesco L. 2010. La *Testudo hermanni* nel bosco di Terracoste. Riserva Naturale Regionale "Lecceta di Torino di Sangro" pp 26
- Drius M, Malavasi M, Acosta ATR, Ricotta C, Carranza ML (2013) Boundary-based analysis for assessing coastal dune landscape integrity over time. *Journal of Applied Geograpy* 45: 1-48
- Fertard B. 1992. Etude des caractéristiques radiographiques et chronologiques de la ponte chez *Testudo hermanni* semi-liberté. Pp. 190-199, in: First International Congress of Chelonian Pathology. SOPTOM.
- Ferri V., 1996 - Il grande libro delle Tartarughe e tartarughine. De Vecchi Editore Ferri V., 1999 - Tartarughe e Testuggini . Mondadori
- Frattaroli A, Acosta A., Ciaschetti G., Di Martino L. , Pirone G., Stanisci A. 2007. Indagine sulla qualità ambientale della costa dell'Abruzzo meridionale e del Molise (Adriatico centrale) su base floristico-vegetazionale. *Fitosociologia* 44 (1): 127-137.
- Fritz, U. , Bininda-Emonds O.R.P. 2007. When genes meet nomenclature: tortoise phylogeny and the shifting generic concepts of *Testudo* and *Geochelone*. *Zoology* 110(4): 298–307.
- Gaillard J.M., Boisaubert B., Boutin J.M., Clobert J. 1986. L'estimation d'effectifs à partir de capture-marquage-recapture: application au chevreuil (*Capreolus capreolus*). *Gibier Faune Sauvage* 3:143-158.
- Galeotti P., Tavecchia G., Bonetti A. 2000. Parental defence in Long-eared Owls *Asio otus*: effects of breeding stage, parent sex and human persecution. *J. Avian Biol.* 31: 431-440.
- Géhu J.M., Biondi E., 1994. Antropizzazione delle dune del Mediterraneo. Alterazioni ambientali ed effetti sulle piante. *Edagricole* 160- 175.
- Gentilotti F. 2004. Dinamica di una popolazione di Testuggine di Hermann (*Testudo hermanni*, testudines, testudinidae) in un ambiente xerico mediterraneo. Università degli studi del Molise: uno studio biennale. Università degli del Molise, Tesi di Laurea.
- Gmelin, J. F. 1789. *Systema Naturae*. Ed. 13. (3). Amphibia et Pisces. Leipzig
- Goin C.J., O.B. Goin 1962. Introduction to herpetology. W.H. Freeman.

- Hailey A., Pulford E.A. & Stubbs D. 1984. Summer activity patterns of *Testudo hermanni* Gmelin in Greece and France. *Amphibia-Reptilia*, 5: 69-78.
- Hailey A. 1989. Adult survival and recruitment and explanation of an uneven sex ratio in a tortoise population. *Can.J. Zool.* 68:547-555
- Hailey A. 1990. Adult survival and recruitment and the explanation of an uneven sex ratio in a Tortoise population. *Canadian journal of Zoology* 68(3): 547-555.
- Hailey, A., Willemsen R. E. 2000. Population density and adult sex ratio of the tortoise *Testudo hermanni* in Greece: evidence for intrinsic population regulation. *Journal of Zoology, London* 251:325–338.
- Hayne D.W. ,1949. An examination of the strip census method for estimating animal populations. *Journal of Wildlife Management* 13:145-157.
- Highfield A.C. 1988. A new size record for *T.hermannii* Gmelin 1789. *The Reptibery* 132: 5-6
- Hixon M.A. Energy maximizers and time minimizers: Theory and reality. *American Naturalist* 119: 595-599.
- Huot-Daubremont C., 1996 . Contribution à l'étude écophysiologique de différents aspects du cycle annuel de la Tortue d'Hermann (*Testudo hermanni*) dans le Massif des Maures (Var). Thèse de Doctorat, Université de Tours, 180 pp.
- Huot-Daubremont C., Grenot C., Bradshaw D. 1996. Temperature regulation in the tortoise *Testudo hermanni hermanni*, studied with indwelling probes. *Amphibia-Reptilia* 17: 91-102
- Kaufmann J. H. 1962. Ecology and social behavior of the coati, *Nasua narica* on Narro Colorado Island, Panama. *University of California Publications in Zoology* 60: 95-222
- Kuchling, G., 1981. Effect of Temperature and Photoperiod on Spermatogenesis in the Tortoise, *Testudo hermanni hermanni* Gmelin. *Amphibia-Reptilia*, Volume 2, Number 4, 1981 , pp. 329-341(13)
- Kruuk, H. 1972. The spotted hyena: A study of predation and social behavior. Chicago:University of Chicago Press.
- Kruuk, H. 1972. The spotted hyena: A study of predation and social behavior. Chicago:University of Chicago Press.
- Izzi C.F. 2003. Analisi della diversità floristica del litorale molisano a sud di Termoli. Tesi di laurea, Università degli studi del Molise.
- Izzi C.F., Acosta A., Berardo F., Carranza M.L., Ciccorelli G. & Stanisci A. 2009. Il monitoraggio della diversità vegetale negli ambienti sabbiosi costieri del Molise, Atti del 104° Congresso della Società Botanica Italiana, Campobasso, settembre, 2009, 177
- Iannantuono E. 2002. Studio della dinamica della costa molisana dal 1954 ad oggi attraverso l'analisi geomorfologica e climatica. Tesi di laurea, Università degli studi del Molise.
- Lebreton J-D, Burnham KP, Clobert J, Anderson DR (1992) Modeling survival and testing biological hypotheses using marked animals, a unified approach with case studies. *Ecol. Monogr* 62:67–118
- Lewis MA, Murray J.D.(1993) *Quarterly Review of Biology* 68: 547-555

- Lucchese L. 2008. Le dune costiere. In: Lontano dal Paradiso: le dune del Molise. Ed. Centro di Servizio per il volontariato il Melograno.
- Loy, A., Ramacciato, V., Gentilotti, F., Capula, M. 2007. Demography of *Eurotestudo hermanni* in a mesic area of Central Italy. *Amphibia-Reptilia* 28: 87-95.
- Malavasi M, Santoro R, Cutini M, Acosta ATR, Carranza ML (2013) What has happened to coastal dunes in the last half century? A multitemporal coastal landscape analysis in Central Italy. *Landscape Urban Plan* 119, 54–63
- Maynard Smith J.(1976) Evolution and thhe theory of games. *American Scientist*
- Mañosa, S., Real, J. e J. Codina. 1998. Selection of settlement areas by juvenile Bonelli's Eagle in Catalonia. *Journal of Raptor Research*. 32: 208 214.
- Mazzotti S., Stagni G.1993. Gli anfibi e i rettili dell'Emilia Romagna (Amphibia, Reptilia). *Quad. Staz. Ecol. Civ. Mus. St. Nat.*, Ferrara, 5: 1-147
- Mazzotti S. & Vallini C. 1994. Struttura di popolazione di *Testudo hermanni* Gmelin nel Bosco della Mesola (Delta del Po) (Testudines, Testudinidae). *Studi Trentini di Scienze Naturali-Acta Biologica* 71:205-207.
- Mazzotti S. & Vallini C. 2000 . Seasonal activity and thermal relations of *Testudo hermanni* Gmelin in bare patches of the Bosco della Mesola (Po Delta, Northern Italy). *Atti del I Congresso Nazionale della Societas Herpetologica Italica* (Torino, 1996)
- Mazzotti S., Pisapia A., Fesola M. 2002. Activity and home range of *Testudo hermanni* in Northern Italy. *Amphibia-Reptilia* 23: 305-312.
- Mazzotti S. 2004. Hermann' s tortoise (*Testudo hermanni*): current distribution in Italy and ecological data on population from the north Adriatic coast (Reptilia, Testudinidae). *Ital. J. Zool.*, 71. Suppl.1: 97-102.
- Mazzotti S. 2006 *Testudo hermanni* In: Sindaco R., Doria G. Razzetti E. & Barbieri F. (eds); *Atlante degli Anfibi e Rettili d'Italia*. Societas Herpetologica Italica, Polistampa, Firenze, 792 pp
- Mazzotti, S., C. Bertolucci, M. Fasola, I. Lisi, A. Pisapia, R. Gennari, S. Mantovani, and C. Vallini. 2007. La popolazione della testuggine di Hermann (*Testudo hermanni*) del Bosco della Mesola. *Quaderni Stazione di Ecologia del civico Museo di Storia naturale Ferrara*. 17:91–104
- Meek R., Inskip R. 1981. Aspects of the field biology of a population of Hermann's tortoise (*Testudo hermanni*) in southern Yugoslavia. *Brit. J. Herpetol.* 6: 159-164.
- Meek, R., Jayes, A.S. (1982): Body temperatures and activity patterns of *Testudo graeca* in north west Africa. *British J. Herpetol.* 6: 194-197
- Meek R. 1984. Thermoregulatory behaviour in a population of Hermann's tortoise (*Testudo hermanni*) in Southern Yugoslavia. *British J. Herpetol.* 6: 387-391.
- Meek R. 1985. Aspects of the ecology of *Testudo hermanni* in southern Yugoslavia. *Brit. J. Herpetol.* 6: 437-445.
- Meek R. 1988a. Thermal loads experienced by nesting female *Testudo hermanni*. *Amphibia-Reptilia*, 9: 311-312.
- Meek R. 1988b . The thermal ecology of Hermann's tortoise (*Testudo hermanni*) in summer and autumn in Yugoslavia. *J. Zool. Lond*, 215: 99-111.

- Meek, R., Avery, R.A. (1988): Mini-Review: Thermoregulation in chelonians. *Herpetological Journal* 1: 253-259.
- Meek R. 1989 . The comparative population ecology of Hermann's tortoise, *Testudo hermanni* in Croatia and Montenegro, Yugoslavia. *Herpetological journal*, 1: 404-414.
- Meriggi A. 1989. Analisi critica dei metodi di censimento per la fauna selvatica (Aves, Mammalia). *Ricerche di Biologia della Selvaggina* 58: 1-59
- Nichols, J.D. Pollock, K.H. 1983 – Estimation methodology in contemporary small mammal capture-recapture studies. *Journal of Mammalogy*, 64: 253-260.
- Noble G. K., 1939. The role of dominance in the social life of birds. *Auk*. 56 ( 3 ) : 263- 273.
- Nougarède J.P. 1998. Principaux traits d'histoire naturelle d'une population de tortue d'Hermann (*Testudo hermanni*) dans le sud de la Corse. Unpubl. Dissertation, Ecole Pratique des Hautes Etudes, Montepiller, 344 pp.
- Schwarz C.J., Seber G.A.F., 1999. Estimated animal abundance: review III. *Statistical Science*, 14: 427- 456.
- Swingland I.R., Stubbs D. 1985. The ecology of a Mediterranean tortoise (*Testudo hermanni*): Reproduction. *Journal of Zoology* 205 (4), 595-610.
- Parmenter, R.R., Avery, R.A. (1990): The feeding ecology of the slider turtle. In: *Life History and Ecology of the Slider Turtle*, p. 257-265. Whitfield Gibbons, J., Ed., Smithsonian Institution Press
- Paglione G., Carbone M., 1990. Biologia di popolazione di *Testudo hermanni* nel Parco della Maremma (GR). Atti VI Convegno nazionale Ass. "Alessandro Ghigi". pp. 197-199. Mus. reg. Sci. nat. Torino,
- Paura B. E F. Lucchese, The Phytoclimate of Molise Region, Proceedings of the 97th IAVS Symposium (Ceské Budejovice 18-23 Agosto 1997), pp. 75.
- Perälä J. 2001 . Morphological variation among middle eastern *Testudo graeca* L., 1758 (sensu lato), with a focus on taxonomy. *Chelonii*, 3: 78-93.
- Petes R. 1978. Communication, cognitive mapping, and strategy in Wolves and hominids. In R.L. Hall and H.S. Sharp, eds. *Wolf and man: Evolution in parallel*. 95-108. New York: Academic Press.
- Prisco I., Carboni M., Acosta A.T.R. (2012). VegDunes: a coastal dune vegetation database for the analysis of Italian EU habitats. In: Dengler J., Chytrý M., Ewald J., Finckh M., Jansen F., LopezGonzalez G., Oldeland J., Peet R.K., Schaminée J.H.J. (Eds.) *Vegetation databases for the 21st Century. Biodiversity & Ecology* 4: 191-200.
- Pignatti S. 1982 . *Flora d'Italia - Ed agricole*.
- Pirotta F. 2001. *Tartarughe terrestri*. Calderini
- Podani J. 1995. SINTAX-pc. Computer programs for Multivariate Data Analysis in Ecology and Systematics, version 5.0 Scientia Publishing, Budapest.
- Powell R. A. 1987. Black bear home range overlap in North Carolina and the concept of home range applied to black bears. *International Conference on Bear Research and Management* 7:235–242.
- Powell R.A., Zimmerman J.W., Seaman D.E, 1997. Ecology and behavior of North American black bears: Home Ranges, habitat and social organization. London. Chapman & Hall.



- Popgeorgiev G. 2008 Gli effetti di un incendio di grandi dimensioni sulla struttura demografica di una popolazione di Hermann (*Testudo hermanni boettgeri* Mojsisovics 1889) e Spur-thighed (*Testudo graeca iberica* Pallas, 1814) le tartarughe a Eastern Rhodopes Mountains, Bulgaria. *Historia naturalis Bulgarica* 19: 115-127
- Pulford E, Haikley A, Stubbs D (1984) Thermal relations of *Testudo hermanni robermertensi* Wermuth in France. *Amphibia-Reptilia* 5: 37–41.
- Pugnetti A., Ravioli M., Focaccia P. (2011). Così tessiamo una rete europea. *Sapere*, 54-57.
- Ramacciato V. 2003. Dinamica di una popolazione di Testuggine di Hermann (*Testudo hermanni*, testudines, testudinidae) in un ambiente xerico mediterraneo. Università degli studi del Molise, Tesi di Laurea.
- Ramacciato V. 2003. Dinamica di una popolazione di Testuggine di Hermann (*Testudo hermanni*, testudines, testudinidae) in un ambiente xerico mediterraneo. Università degli studi del Molise, Tesi di Laurea.
- Reinert H.K. 1993. Habitat selection in snakes. Pages 201- 240. In: Seigel R.A., Collins J.T., editors. *Snakes: ecology and behavior*. Mc Graw-Hill, New York Usa.
- Rivas - Martinez S. 1996. Classificaciòn bioclimatica della Tierra. *Folia Botanica Matrietensis*, 16: 1 – 25.
- Rondinini, C., Chiozza F. 2010. Quantitative methods for defining percentage area targets for habitat types in conservation planning. *Biological Conservation* 143: 1646–1653.
- Schoener T.W. 1981. An empirically based estimate of home range. *Theoretical Population Biology*. 20: 281-325.
- Seaman D.E. . Powell R.A. 1990. Identifying patterns and intensity of home range use. *International Conference on Bear Research and Management* 8: 243-249.
- Seber G.A.F. 1973. The estimation of animal abundance and related parameters. Griffin & Co. Ltd., London.
- Seber G.A.F. 1982. The estimation of animal abundance and related parameters. Griffin, London.
- Smith, N.G. 1968. The advantage of being parasitized. *Nature*, 219:690-94.
- Stanisci A., Carranza M.L., Feola S., Giuliano M., Acosta A. 2006. Specie di lista rossa ed habitat di interesse comunitario sul litorale molisano. 101° Congresso della Società Botanica Italiana, 27-29 settembre 2006, Riassunti:162
- Stanisci A., Acosta A., M.L. Carranza, S. Feola & M. Giuliano, 2008. Gli habitat di interesse comunitario sul litorale molisano e il loro valore naturalistico su base floristica. *Fitosociologia* 44 (2) Suppl. 1: 171-176.
- Stanisci A., A.T.R. Acosta, M.L. Carranza, M. de Chiro, S. Del Vecchio, L. Di Martino, A.R. Frattaroli, S. Fusco, C.F. Izzi , G. Pirone, I. Prisco. 2014. EU habitats monitoring along the coastal dunes of the LTER sites of Abruzzo and Molise (Italy). *Plant Sociology*, 51 ( 1): 51-56. DOI 10.7338/pls2014512S1/07
- Strandgaard H. 1972. The roe deer (*Capreolus capreolus*) at Kålo and the factors regulating its size. *Dan. Rev. Game Biol.* 7: 1-205.
- Stamps J. 1995. Motor learning and the value of familiar space. *American Naturalist* 146:41-58
- Stubbs D. , Hailey A. , Tyler W., Pulford E. 1981. Expedition to Greece 1980 p 1-136 . London ,Univ. Lond. Nat . Hist . Soc.

- Stubbs D. & Swingland I.R. 1985. The ecology of a Mediterranean tortoise (*Testudo hermanni*): a declining population. *Can.J.Zool.* 63: 169-180.
- Stubbs D. , Hailey A. , Tyler W., Pulford E. 1981. Expedition to Greece 1980 p 1-136 . London ,Univ. Lond. Nat . Hist . Soc.
- Stubbs D., Hailey A., Pulford E., Tyler W. 1984. Population ecology of European tortoises: review of field techniques. *Amphibia-Reptilia* 5: 57-68
- Swingland, I.R., Frazier, J.R. (1980): The conflict between feeding and overheating in the Aldabran Giant Tortoise. In: A Handbook on Biotelemetry and Radiotracking, Amlaner, C., McDonald, D., Eds, Oxford, Pergamon Press.
- Swingland I.R., Stubbs D., Newdick M., Worton B., 1986. Movement patterns in *Testudo hermanni* and implications for management, in "Studies in herpetology: proceedings of the European Herpetology Symposium (Prague, 1985)"
- Stubbs, D. 1989b. *Testudo hermanni*, Hermann's Tortoise. In: Swingland & Klemens (ed.), The Conservation Biology of Tortoises, pp. 34-36. iucn, Gland, Switzerland.
- Tessaro F. 2004. Il monitoraggio e la valutazione di sistema. ([www.univirtual.it](http://www.univirtual.it))
- Tomasetti G., 1996. Indagini morfometriche ed ecologiche su una popolazione di *Testudo hermanni hermanni* Gmelin dei Monti Nebrodi (Sicilia). Tesi di Dottorato di Ricerca in Biologia Evoluzionistica-X ciclo. Dip. Biologia Animale, Università di Catania: 184 pp
- Van der Maarel E (2003) Some remarks on the functions of European coastal ecosystems. *Phytocoenologia* 33: 187–202
- White G.C., Anderson D.R., Burnham K.P., Otis D.L., 1982. Capture-Recapture and Removal Methods for Sampling Closed Population. LA- 8787-NERP - 1St Edition Los Alamos National Laboratory, Los Alamos New Mexico; 235 pp
- Williams B.K., Nichols J.D., Conroy M.J. 2002. Analysis and Management of Animal population. Academic Press.
- Wilson E. O., 1975. Sociobiology. Harvard Univ. Press, Cambridge, Massachusetts, USA.
- Wilson E.O., Peter F.M., 1988 – Biodiversity- National academy press. Washington
- Willemsen, R.E. 1995. Status of *Testudo hermanni* in Greece. In: Ballasian, Donato (ed.), Red Data Book on Mediterranean Chelonians, pp. 110-118. Edagricole - Edizioni Agricoli, Bologna, Italy.
- Willemsen R.E., Hailey A. 1999. Variation of adult body size of tortoise *Testudo hermanni* in Greece : proximate and ultimate causes- *J.Zool.*, London 248 : 379-396

## Identification via suitability model of potential nesting areas for the loggerhead turtle *Caretta caretta* along the Adriatic coast of Molise

FABIANA BERARDO<sup>1\*</sup>, MASSIMO CAPULA<sup>2</sup>, MARIA LAURA CARRANZA<sup>1</sup> & ANNA LOY<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Environmetrics Lab, Dipartimento di Bioscienze e Territorio, Università degli Studi del Molise C.da Fonte Lappone - 86090 Pesche (IS); [fab.berardo@hotmail.it](mailto:fab.berardo@hotmail.it)

<sup>2</sup>Museo Civico di Zoologia - Via Aldrovandi, 18 - 00197 Roma; [massimo.capula@comune.roma.it](mailto:massimo.capula@comune.roma.it)

\* Corresponding author

**Abstract.** The loggerhead turtle *Caretta caretta* is an endangered cosmopolite pelagic species occurring in temperate, tropical and subtropical seas. The species is known to nest along the eastern Mediterranean coasts, including Italy, where nesting sites are reported for some localities of Calabria and Puglia, for Sicily and for Linosa and Lampedusa islands. Focusing on the need of identifying new nesting sites of *Caretta caretta* along the Italian coasts, we produced a suitability model for potential nesting areas of the species along 38 km of the Adriatic coast of Molise. A GIS expert based model was developed on the basis of five environmental variables concerning geomorphology, vegetation cover, and habitat disturbance factors. The results of the analysis indicate the persistence of a continuous suitable stretch 2850 m long in the southern portion of the coast of Molise, while in the northern portion only fragmented tracts of potential nesting areas were found. All the identified stretches suitable for nesting occur within two Sites of Community Importance. Field investigations are strongly recommended in the areas identified in this paper in order to ascertain actual nesting of *Caretta caretta*, to validate the GIS expert based model, and to improve the model itself for further investigations concerning potential/actual nesting sites of *Caretta caretta* in other Mediterranean sandy shores.

**Keywords:** Reptiles, *Caretta caretta*, nesting areas, habitat suitability model, Molise.

## INTRODUCTION

The loggerhead turtle, *Caretta caretta* (Linnaeus, 1758), is a cosmopolitan pelagic species occurring in temperate, tropical and sub-tropical marine areas (Pritchard & Mortimer, 1999). *Caretta caretta* is worldwide threatened and is listed as Endangered (EN, A1abd) by IUCN (2012). It is one of the most endangered vertebrate species in Italy, where it is considered as Critically Endangered (Capula, 1998; Giacoma et al., 2011). Being a species of high conservation interest, it is listed in the annexes II and IV of the Habitat Directive 92/43/CEE, in the Appendix I of the Convention on International Trade of Endangered Species (CITES), in the Appendix I of the Bonn Convention (1979), and in the Annex II of the Bern Convention (1979). Like other sea turtle species, *Caretta caretta* is particularly susceptible to population declines because of its vulnerability to anthropogenic impacts during all life-stages. The main threats to the species include incidental bycatch in marine fisheries, habitat degradation and habitat disturbance by humans at nesting beaches and feeding areas, intentional killing and exploitation, and marine pollution (Gerosa & Casale, 1999; Panou et al., 1992; Balletto et al., 2003; Giacoma et al., 2011).

Based on mtDNA analyses several authors have shown that the Mediterranean Sea hosts loggerhead turtle populations which are genetically differentiated from the Atlantic ones, and the Mediterranean haplotypes are limited to a low number of interbreeding colonies (see e.g. Bowen & Karl, 2007). This evidence clearly indicates that the Mediterranean populations are of particular conservation relevance (Bowen et al., 1993; Laurent et al., 1993; Schroth et al., 1996; Giacoma et al., 2011).

In the Mediterranean basin nesting areas of the species are known especially along the eastern coasts (Greece, Turkey, Cipro, Syria, Israel, Egypt, Italy). In Italy the loggerhead turtle is known to nest on Linosa and Lampedusa islands (Pelagic Archipelago), and in some localities along the coasts of Calabria, Apulia (southern Italian Peninsula) and Sicily (see Balletto et al., 2003; Scaravelli & Tripepi, 2006; Marzano et al., 2010; Mingozzi, 2010; Giacoma et al., 2011; Casale et al., 2012). According to Piovano et al. (2004), Mingozzi et al. (2007) and Casale et al. (2012) the number of nesting areas of *Caretta caretta* in Italy is probably underestimated, and thus it would be necessary to carry out ad hoc investigations in suitable areas to get data on new potential/actual nesting sites, especially along the Adriatic coast of the Italian Peninsula. Following this suggestion and based on some field observations indicating the recent finding of many stranded adults of loggerhead turtle in some sites of the coastline of Molise (Capula et al., 2010; Affronte M., pers. comm.; Lucchese L., pers. comm.), we investigated the potential occurrence of nesting areas for *Caretta caretta* by analysing 38 km of sandy beaches along the Adriatic coast of Molise and by developing a suitability GIS model for *Caretta caretta* nesting sites. Suitability models or Species Distribution Models can be either deterministic, i.e. expert based, when a sufficient knowledge on the ecological requirements of a species in a given area are available, or inferential, when a sufficient number of occurrence data is available (Corsi et al., 2000; Boitani et al., 2002; Catullo et al., 2008; Rondinini & Chiozza, 2010). As the number of nesting sites in Italy would not offer a significant sample size to produce an inferential model (Boitani et al., 2002; 2008; Catullo et al., 2008; Rondinini & Chiozza, 2010), we produced an expert based distribution model on the basis of the available information regarding nesting areas of the loggerhead turtle in Italy.

## MATERIALS AND METHODS

### Study area

The present investigation was carried out along the Adriatic coast of Molise, taking into account all available data on landscape, vegetation and soil structure. Molise coastal line is 38 km long, ranging from the mouth of the river Trigno to the mouth of the river Saccione, and 90% of it is represented by sandy beaches and coastal dunes. Most of the Molise coastal dunes of high conservation interest are currently included in the following Sites of Community Importance (SIC): (1) Foce Trigno-Marina di Petacciato (SIC IT7228221); (2) Foce Biferno-Litorale di Campomarino (SIC IT7222216); (3) Foce Saccione-Bonifica Ramitelli (SIC IT7222217).

### Experimental protocol

The distribution model for the suitability of nesting areas of *Caretta caretta* along the Adriatic coast of Molise was produced within a GIS environment, by combining a series of fine scale thematic layers (1:5000) produced ex-novo to describe the distribution of environ-

mental factors which are known to affect positively or negatively nesting of the loggerheads. Layers were produced through visual interpretation of recent digital high resolution (0,5 m) color orthophotos (2007 flight), which were kindly provided by the Italian Dipartimento della Protezione Civile, using ESRI.ArcGis10. Each cartographic element (point, line or polygon) which was considered to have either a negative or positive effect on loggerheads nesting sites was buffered based on the radius of its influence on the surrounding landscape (Witherington & Martin, 2000; Scaravelli & Tripepi, 2006). Then, a suitability value ranging from 0 (not suitable) to 1 (suitable) was assigned to each buffer area. Each layer was then filtered following a dichotomic process as shown in Fig. 1. According to Scaravelli & Tripepi (2006) fine-grained sand substrates located ~10-15 m from the shoreline are usually experienced by loggerheads as preferential nesting areas. Based on this evidence, a 30 m buffer was first drawn along the coastline, considering ~10 m of tide oscillation. The area inside the buffer was considered as suitable (value 1), while the territory outside the buffer was considered unsuitable (value 0) (see Fig. 1). In a second step, the non-sandy areas within the buffer (i.e. estuary, eroded coast, gravels, rocks) were considered unsuitable and excluded from further analysis. Anthropogenic disturbance was evaluated by considering two factors:

- 1) light pollution, which is known to interfere with visual orientation during the seafinding of hatchlings (Salmon et al., 1995; Witherington & Martin, 2000);
- 2) noise disturbance.

To introduce the above mentioned disturbance factors in the distribution model, a 100 m buffer of unsuitable areas was drawn around the urban areas because of their intense light pollution. Moreover, in order to include the effects of noise on the distribution of potential loggerhead nesting sites, a non suitable buffer of 50 m was drawn around human buildings and parking areas; in addition, a non suitable buffer of 30 m was drawn also around the suburban roads.

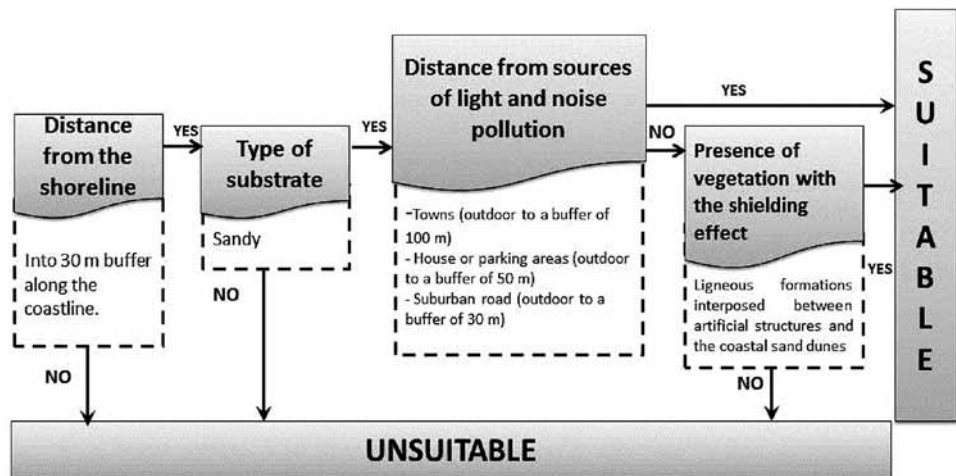


Fig. 1 – Schematic representation of the procedure for modeling the potential nesting areas of *Caretta caretta* along the Adriatic coast of Molise (see Materials and Methods for detailed explanation).

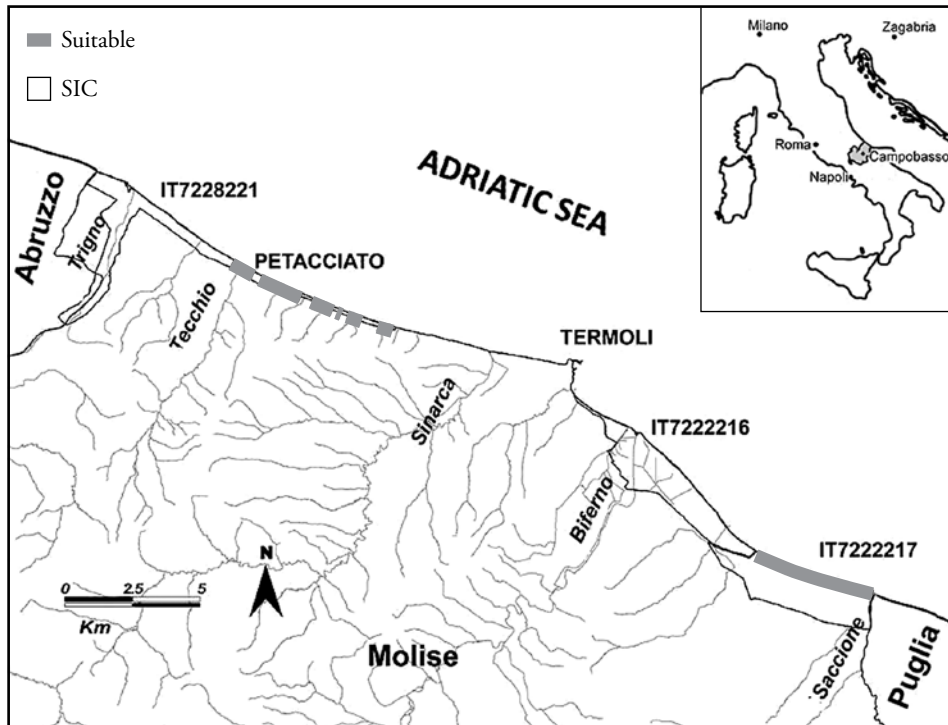


Fig. 2 – Suitable nesting areas for *Caretta caretta* along the Adriatic coast of Molise. The perimeters of the Sites of Community Importance (Foce Trigno-Marina di Petacciato; SIC IT7228221; Foce Biferno-Litorale di Campomarino, SIC IT7222216; Foce Saccione-Bonifica Ramitelli, SIC IT7222217) are also indicated. The thickness of the suitable areas is shown out of scale to allow better viewing.

## RESULTS

Figure 2 shows the distribution of potential nesting areas for *Caretta caretta* along the Adriatic coast of Molise resulting from the GIS expert based model analysis. The highly suitable areas - which can be defined as optimal habitats - occur on six kilometers of the coastline only, while the rest of the regional coastal territory resulted to be not suitable. The suitable areas are divided into seven sectors, which are included in two Sites of Community Importance: Foce Trigno-Marina di Petacciato (SIC IT7228221), and Foce Saccione-Bonifica Ramitelli (SIC IT7222217).

The length of each suitable sector varies from a minimum of 300 m to a maximum of 2850 m. In the northern portion of the coast (SIC Foce Trigno-Marina di Petacciato) only fragmented tracts of suitable nesting areas were found. The total length of these areas is 3232 m. At the SIC Foce Saccione-Bonifica Ramitelli (southern coast of Molise) the distribution of potential nesting areas is concentrated in a single, very interesting site 2850 m long, which is close to the mouth of the river Saccione (see Fig. 2). However, it must be noted that at this SIC a recent process of marine erosion is damaging the whole coastal line (see Iannantuono, 2002; Aucelli et al., 2003).

## DISCUSSION

Our data clearly indicate that some potential nesting areas for *Caretta caretta* still persist along the Adriatic coast of Molise, fulfilling the need to correctly orient the monitoring efforts on *Caretta caretta* in Italy (see Piovano et al., 2004; Mingozzi et al., 2007) and providing a better estimate method to recognize potential/actual nesting sites of the species. The sites identified via GIS expert based model analysis are characterized by a very reduced surface (no more than 6 km out of 38 km of the Molise Adriatic coastline) and, in addition, are threatened by human activities and by marine erosion processes in action. These evidences indicate that the coastal areas of conservation interest identified in this paper are in need of urgent protection measures primarily aimed to reduce the process of marine erosion and human disturbance (light and noise pollution). In this respect it must be noted that the potential nesting sites for *Caretta caretta* are located in two Sites of Community Importance and are the last stretches of natural pristine landscape occurring along the Adriatic coast of Molise (see e.g. Carranza et al., 2004; Di Iorio et al., 2005; Izzi et al., 2007; Stanisci et al., 2007). Although the presence of physically suitable beaches for nesting detected by beach surveys does not always indicate the effective occurrence of nesting (see e.g. the suitable beaches found in Albania and in the southern coast of Croatia, where no sea turtle tracks or nesting activity were recorded to date; Casale & Margaritoulis, 2010), based on the results provided in this paper field investigations in the areas identified as potential nesting sites are needed and strongly recommended in order (i) to ascertain actual nesting of *Caretta caretta* in Molise, (ii) to validate the GIS expert based model and the robustness of our hypothesis, and (iii) to improve the model itself for further investigations concerning potential/actual nesting sites of *Caretta caretta* in other Mediterranean sandy shores.

**Acknowledgments.** We thank Luigi Lucchese (Associazione Ambiente Basso Molise) and Marco Affronte for information concerning stranded loggerhead turtles, and Dino Scaravelli for reviewing the manuscript and the useful suggestions. Thanks are also due to the Italian Dipartimento della Protezione Civile for allowing the use of orthophotos.

## RIASSUNTO

### **Identificazione di aree potenziali di ovodeposizione di *Caretta caretta* lungo la costa del Molise mediante modelli di idoneità ambientale**

La Tartaruga comune *Caretta caretta* è una specie pelagica a distribuzione cosmopolita attualmente in pericolo di estinzione. Nel bacino del Mediterraneo le aree note di nidificazione della specie sono distribuite prevalentemente lungo le coste orientali, inclusa l'Italia. Nel nostro Paese i siti di ovodeposizione sono attualmente noti in alcune aree della Calabria, della Puglia e della Sicilia e per le isole di Lampedusa e Linosa. Al fine di individuare nuovi siti di nidificazione di *Caretta caretta* lungo le coste italiane, nel presente lavoro è stato prodotto un modello di idoneità ambientale analizzando le caratteristiche dell'intera costa adriatica del Molise (38 km). Il modello è stato sviluppato in ambiente GIS, utilizzando un approccio deterministico (expert based) e prendendo in considerazione cinque variabili ambientali: la geomorfologia (tipologia di substrato e distanza dalla linea di costa), la vegetazione presente e i fattori di disturbo antropico (inquinamento luminoso e tipologia delle infrastrutture presenti sulle spiagge). Sulla base di questa analisi è stato possibile identificare due aree potenziali di

nidificazione di *Caretta caretta*: la prima, sita nella parte meridionale del Molise, è costituita da un tratto continuo di costa lungo 2850 m, mentre la seconda, posta nella parte settentrionale della regione, consta di 6 aree frammentate e contigue, lunghe complessivamente 3232 m. Tutte le aree risultate idonee si trovano all'interno di due Siti di Importanza Comunitaria (Foce Trigno - Marina di Petacciato, SIC IT7228221, Foce Saccione-Bonifica Ramitelli, SIC IT7222217). Al fine di (i) accertare se nei tratti di costa del Molise individuati nel presente lavoro avvenga o meno la nidificazione di *Caretta caretta* e (ii) validare il modello di idoneità utilizzato per le analisi (GIS expert based) sarà necessario compiere al più presto delle ricerche mirate ed approfondite nel corso del periodo riproduttivo della specie.

## REFERENCES

- Aucelli, P.P.C., Iannantuono, E. & Rosskopf, C.M., (2003). Evolutive trends and present morphodynamics along the Molise coast and their relationship to shore protection structures (Southern Italy). 4<sup>th</sup> European Congress on Regional Geoscientific Cartography and Information Systems, Bologna, Giugno 2003: 157-159.
- Balletto, E., Giacoma, C., Piovano, S., Mari, F. & Dell'Anna, L. (2003). Piano d'Azione per la conservazione della tartaruga marina *Caretta caretta* nelle isole Pelagie. Edi.tur srl, 60 pp.
- Boitani, L., Falcucci, A., Maiorano, L. & Montemaggiori, A. (2002). Rete Ecologica Nazionale: il ruolo delle aree protette nella conservazione dei vertebrati. Dip. B.A.U. Università di Roma "La Sapienza", Dir. conservazione della Natura, Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, Istituto di Ecologia Applicata. Roma.
- Boitani, L., Sinibaldi, I., Corsi, F., De Biase, A., d'Inzillo Carranza, I., Ravagli, M., Reggiani, G., Rondinini, C. & Trapanese, P. (2008). Distribution of medium- to large-sized African mammals based on habitat suitability models. *Biodiversity and Conservation* **17**: 605–621.
- Bowen, B.W., Avise, J.C., Richardson, J.I., Meylan, A.B., Margaritoulis, D. & Hopkins-Murphy, S.R. (1993). Population structure of loggerhead turtles (*Caretta caretta*) in the northwestern Atlantic ocean and Mediterranean Sea. *Conservation Biology* **7**: 834–844.
- Bowen, B.W. & Karl, S.A. (2007). Population genetics and phylogeography of sea turtles. *Molecular Ecology* **16**: 4886-4907.
- Capula, M. (1998). Tartaruga marina comune - *Caretta caretta*. In: Bulgarini F., Calvario E., Fraticelli F., Petretti F., Sarrocco S. (eds), Libro Rosso degli Animali d'Italia - Vertebrati. Roma, WWF Italia: 49.
- Capula, M., Carafa M., De Liso L. & Loy, A. (2010). Il Progetto Atlante degli Anfibi e Rettili del Molise. In: Di Tizio L., Di Cerbo A.R., Di Francesco N., Cameli A. (eds), Atti VIII Congresso Nazionale Societas Herpetologica Italica, Chieti, 22-26 Settembre 2010, Pescara, Ianieri Edizioni: 37-49.
- Carranza, M.L., Acosta, A. & Giancola, M. (2004). Analisi del paesaggio costiero del Molise. *Estimo e Territorio* **12**: 39-43.
- Casale, P. & Margaritoulis, D. (Eds)(2010). Sea turtles in the Mediterranean: Distribution, threats and conservation priorities. Gland, Switzerland, IUCN, 294 pp.
- Casale, P., Palilla, G., Salemi, A., Napoli, A., Prinzi, M., Genco, L., Bonaviri, D., Mastrogiacomo, A., Oliverio, M. & Lo Valvo M. (2012). Exceptional sea turtle nest records in 2011 suggest an underestimated nesting potential in Sicily (Italy). *Acta Herpetologica* **7**: 181-188.
- Catullo, G., Masi, M., Falcucci, A., Maiorano, L., Rondinini, C. & Boitani, L. (2008). A gap analysis of Southeast Asian mammals based on habitat suitability models. *Biological Conservation* **141**: 2730-2744.
- Corsi, F., De Leeuw, J. & Skidmore, A. (2000). Modeling species distribution with GIS. In: Boitani L. & Fuller T. (eds), *Research Techniques in Animal Ecology. Controversies and Consequences*, **11**: 389-434.
- Di Iorio, A., Stanisci, A., Acosta, A., Vergalito, M. & Lucarelli M. (2005). Caratteri ecologico-funzionali di alcune specie del litorale sabbioso molisano. *Informatore Botanico Italiano* **37**: 204-205
- Gerosa, G. & Casale, P. (1999). Interaction of marine turtles with fisheries in the Mediterranean. *Mediterranean Action Plan - UNEP Regional Activity Centre For Specially Protected Areas* 12-17.
- Giacoma, C., Balletto, E., Bentivegna F., Guarino, F.M., Hochscheid, S., Maio, N., Mingozzi, A.T., Piovano, S.



- & Scaravelli, D. (2011). *Caretta caretta* (Linnaeus, 1758). In: Corti C., Capula M., Luiselli L., Razzetti E., Sindaco R. (eds), Fauna d'Italia. Vol. XLV, Reptilia. Bologna, Calderini - Edizioni Calderini de Il Sole 24 ORE S.p.A.: 210-219.
- Iannantuono, E. (2002). Studio della dinamica della costa molisana dal 1954 ad oggi attraverso l'analisi geomorfologica e climatica. Tesi di laurea inedita, Università degli studi del Molise.
- IUCN (2012). IUCN Red List of Threatened Species. Version 2012.1: [www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org) (accessed July 26<sup>th</sup>, 2012).
- Izzi, C.F., Acosta, A., Carranza, M.L., Carboni, M., Ciaschetti, G., Conti, F., Del Vecchio, S., Di Martino, L., Frattaroli, A., Pirone, G. & Stanisci A. (2007). Entità a rischio negli ambienti dunali costieri di alcune regioni dell'Italia centrale. *Fitosociologia* **44**, suppl. 1: 251-254.
- Laurent, L., Lescure, J., Excoffier, L., Bowen, B., Domingo, M., Hadjichristophorou, M., Kornaraky, L. & Trabuchet, G. (1993). Genetic studies of relationships between Mediterranean and Atlantic populations of loggerhead turtles *Caretta caretta* with a mitochondrial marker. *C. R. Académie des Sciences Paris* **316**: 1233-1239.
- Marzano, G., Nannarelli, S. & Scarafino, C. (2010). Documentata nidificazione di *Caretta caretta* lungo il litorale leccese (Puglia). In: Di Tizio L., Di Cerbo A.R., Di Francesco N., Cameli A. (eds), Atti VIII Congresso Nazionale Societas Herpetologica Italica, Chieti, 22-26 Settembre 2010, Pescara, Ianieri Edizioni: 559-562.
- Mingozzi, T. (2010). Nidificazione della Tartaruga marina *Caretta caretta* in Italia: Sintesi dei dati 2005-2009. In: Di Tizio L., Di Cerbo A.R., Di Francesco N., Cameli A. (eds), Atti VIII Congresso Nazionale Societas Herpetologica Italica, Chieti, 22-26 Settembre 2010, Pescara, Ianieri Edizioni: 525-530.
- Mingozzi, T., Masciari, G., Paolillo, G., Pisani, B., Russo, M. & Massolo, A. (2007). Discovery of a regular nesting area of loggerhead turtle *Caretta caretta* in southern Italy: a new perspective for national conservation. *Biodiversity and Conservation* **16**: 3519-3541.
- Panou, A., Antypas, G., Giannopoulos, Y., Moschonas, D., Mourelatos, G., Mourelatos, C., Toumazatos, P., Tselentis, L., Voutsinas, N. & Voutsinas, V. (1992). Incidental catches of loggerhead turtles, *Caretta caretta*, in swordfish long lines in the Ionian Sea, Greece. *Testudo* **3**: 1-6.
- Piovano, S., Nicolini, G., Nannarelli, S., Dominici, A., Lo Valvo, M. & Di Marco, S. (2004). Analisi delle deposizioni di *Caretta caretta* sui litorali italiani. In: Zuffi M. (Ed.), Societas Herpetologica Italica, Atti del V Congresso Nazionale, Calci (Pisa), 29 settembre - 3 ottobre 2004: 199-205.
- Pritchard, P.C.H. & Mortimer, J.A. (1999). Taxonomy, external morphology, and species identification. In: Eckert K.L., Bjorndal K.A., Abreu-Grobois F.A. & Donnelly M. (eds.), Research and Management Techniques for the Conservation of Sea Turtles, IUCN/SSC Marine Turtle Specialist Group Publication No. 4: 21-38.
- Rondinini, C. & Chiozza, F. (2010). Quantitative methods for defining percentage area targets for habitat types in conservation planning. *Biological Conservation* **143**: 1646-1653.
- Salmon, M. & Witherington, B.E. (1995). Artificial lighting and seafinding by loggerhead hatchlings: evidence for lunar modulation. *Copeia* **1995** (4): 931-938.
- Scaravelli, D. & Tripepi, S. (2006). *Caretta caretta*. In: Sindaco R., Doria G., Razzetti E., Bernini F. (eds), Atlante degli Anfibi e dei Rettili d'Italia / Atlas of Italian Amphibians and Reptiles. Firenze, Societas Herpetologica Italica, Edizioni Polistampa: 400-403.
- Schroth, W., Street, B. & Schierwater, B. (1996). Evolutionary handicap for turtles. *Nature* **384**: 521- 522.
- Stanisci, A., Acosta, A., Carranza, M.L., Feola, S. & Giuliano, M. (2007). Gli habitat di interesse comunitario sul litorale molisano e il loro valore naturalistico su base floristica. *Fitosociologia* **44**: 171-176.
- Witherington, B. E. & Martin, R. E.. (2000). Understanding, assessing, and resolving light-pollution problems on sea turtle nesting beaches. Second edition. Florida Marine Research Institute Technical Report TR-2, 73 pp.

## UN SIT PER LA CONSERVAZIONE E GESTIONE SOSTENIBILE DELLE DUNE COSTIERE: IL PROGETTO LIFE MAESTRALE (LIFE 10NAT/IT/000262)

Fabiana Berardo \*, Maria Laura Carranza \*, Giovanni Ciccorelli \*, Silvia Del Vecchio \*\*, Sara Fusco \*, Francesco Iannotta \*, Anna Loy \*, Federica Roscioni \*, Angela Stanisci \*

\* Lab - Dipartimento di Bioscienze e Territorio -Università degli Studi del Molise

Contrada Fonte Lappone, 86090 Pesche (IS)

\*\* Dipartimento di Biologia- Università degli studi di RomaTre

Viale Marconi 446, 00146 Roma fabi.berardo@htomail.it

**Riassunto** – La costa molisana contiene ancora aree litoranee di grande valenza naturalistica con la presenza di 18 habitat di interesse comunitario (92/43/CEE) e 3 siti S.I.C. ( IT7228221, Foce Trigno - Marina di Petacciato, IT7222217 “Foce Saccione-Bonifica Ramitelli”, IT7282216- Foce Biferno – Litorale Campomarino). Purtroppo questo importante patrimonio naturale è fortemente minacciato da una progressiva pressione antropica.

Gli obiettivi del progetto MAESTRALE (Life10NAT/IT/000262) sono: 1) intervenire su alcune minacce che incombono sugli habitat e le specie di interesse comunitario (direttiva Europea Habitat 92/43/CEE) nei siti della rete Natura 2000 della costa della Regione Molise; 2) realizzare interventi che migliorino lo stato di conservazione degli habitat di interesse comunitario presenti in queste aree, 3) valorizzare il patrimonio naturalistico delle aree costiere del Molise; 4) attivare un centro di educazione ambientale per lo svolgimento di attività didattico-naturalistiche e di incontri rivolti alla mitigazione dei conflitti con i portatori di interesse. Per il raggiungimento di questi obiettivi MAESTRALE prevede la realizzazione di numerose azioni di conservazione di habitat e specie di direttiva (92/43/CEE) e azioni di divulgazione e sensibilizzazione. Le azioni di conservazione sono: Riqualificazione dell'habitat 2270\* Dune costiere con *Pinus pinea* e/o *Pinus pinaster* (azione C1); Protezione dell'avanduna conservazione con ricostituzione dell'habitat 2260 - Dune con vegetazione di sclerofille dei *Cisto-Lavanduletalia* (azione C.2); Conservazione/riqualificazione dell'habitat 2250\* Dune con ginepri (azione C3); Ripristino dello stato di conservazione degli habitat 3170\*-1510\* Stagni temporanei mediterranei (azione C4); Realizzazione e apposizione di 400 bat box e un bat-roost artificiale per incrementare le zone di riparo e riposo dei chiroteri (azione C.5); Propagazione e conservazione ex-situ di specie native che caratterizzano gli habitat prioritari 2270\* e 2250\*- (azione C.6).

Per lo svolgimento del progetto è stato costruito un SIT dedicato, contenete tutte le informazioni territoriali necessarie alla pianificazione delle azioni di conservazione previste e per il monitoraggio della loro efficacia. Il Sistema Informativo Territoriale (SIT) MAESTRALE fornisce una descrizione dettagliata della distribuzione a livello di paesaggio delle pressioni che minacciano la biodiversità, in particolare che incombono sugli habitat e le specie target del progetto e comprende tutte le cartografie relative alla distribuzione delle specie e degli habitat target del progetto.

Il SIT MAESTRALE, la cui struttura è conforme alla direttiva Europea INSPIRE (INfrastructure for SPatial InfoRmation in Europe), è stato avviato nell'ambito di un'azione preparatoria del progetto (azione A4) e verrà costantemente aggiornato durante tutto il suo

svolgimento (dicembre 2015). Associato al SIT, è in fase di progettazione un Sistema di Supporto Decisionale (SSD) che in base alle informazioni cartografiche esistenti e quelle relative alla ecologia delle specie e degli habitat target ha l'obiettivo di ipotizzare diversi scenari prevedibili in relazione a diverse percentuali di efficacia delle azioni di conservazione proposte.

Il SIT ed il SSD MAESTRALE permettono di analizzare in modo approfondito il territorio delle dune costiere fornendo le basi geografiche per la pianificazione, realizzazione ed il monitoraggio delle azioni di conservazione fornendo anche informazioni, cartografie e grafici utili per le azioni di divulgazione, sensibilizzazione e promozione culturale.

**Parole chiave:** Sistemi informativi territoriali, Monitoraggio delle azioni di conservazione e gestione, Banche Dati, Molise, LIFE 10NAT/IT/000262.

**Abstract** – *The Molise coast contains relict dune areas of great naturalistic value that contain 18 habitats of Community interest (92/43/EEC) and 3 Sites of Community Importance (IT7228221, Mouth Trigno - Marina Petacciato; IT7222217 "Mouth Saccione, Ramitelli Reclamation"; IT7282216 Mouth Biferno - Coast Campomarino). Unfortunately this important natural heritage is greatly threatened by a progressive anthropic pressure. The general objective of the MAESTRALE project (LIFE 10NAT/IT/000262) is to handle the factors that threaten the habitats and species of Community interest in the Nature 2000 network sites of the coast of the Molise Region, carrying out actions to conserve and recuperate the naturalistic heritage of these areas and promoting good practices between the managers and the users of the littoral. To carry out this project a dedicated GIS was build, as a support for planning and monitoring the conservation actions. The Geographic Information System (GIS) MAESTRALE provides a detailed distribution of all the species and habitats target of the project and of the menaces that threaten them. The SIT MAESTRALE, whose structure conforms to European Directive INSPIRE (Infrastructure for Spatial Information in Europe), was built in a preparatory phase of the project (Action A4) and will be constantly updated throughout its course (December 2015). Coupled with the SIT, a Decision Support System (SSD) able to hypothesises various scenarios and the effectiveness of the conservation actions will be developed. The SIT and the SSD MAESTRALE make possible to analyze the coastal dunes area and provide the geographic basis for planning, implementing and monitoring the conservation actions. Furthermore they supply information, maps and charts useful for the action dissemination, awareness and promotion culture.*

**Key words:** *Geographic Information System (GIS), Monitoring for Conservation and Management, Molise, LIFE 10NAT/IT/000262.*

## Introduzione

I sistemi dunali sabbiosi costieri ricoprono il 20 % delle coste del pianeta rappresentando uno degli ecosistemi considerati tra i più vulnerabili e i più minacciati su scala mondiale [9; 8].

Le dune costiere sono caratterizzate da peculiari condizioni ambientali e microclimatiche che hanno selezionato un numero modesto di specie, con una specificità ecologica molto forte, e una diversità ecologica elevata che è il risultato di un ampio numero di fattori geomorfologici, eterogeneità ambientale, e variabilità di specie.

A livello europeo, e in particolare in ambiente mediterraneo, si è verificata, nell'ultimo secolo, la perdita di ampi tratti di dune costiere. Solo in Italia dei circa 7500 km di costa oltre 3000 sono rappresentati da tratti sabbiosi più o meno utilizzati e alterati dall'uomo [2]; le coste rimanenti hanno perso il loro carattere naturale e sono sottoposte a gravi minacce. Pertanto la conservazione dei sistemi dunali costieri rappresenta un diktat imprescindibile e in tale contesto si colloca il progetto Life MAESTRALE (10NAT/IT/262), facente parte dei progetti Life + della Comunità europea, strumenti finanziari che contribuiscono allo sviluppo e all'attuazione della politica e del diritto in materia ambientale. In questo contesto la commissione Europea ha finanziato il progetto Life MAESTRALE (Azioni MirAtE al ripriSTino e alla conservazione degli habitat dunali e RetrodunAli in MoLisE - Life 10NAT/IT/000262) che prevede l'implementazione di numerose azioni mirate alla conservazione degli habitat e le specie di direttiva (92/43/CEE) su un tratto di costa Adriatica Italiana della Regione Molise. In particolare sono previste le seguenti azioni di conservazione e di divulgazione mirate alla riqualificazione, la protezione, il ripristino e la conservazione degli habitat prioritari dunali e retrodunali:

#### AZIONI CONCRETE DI CONSERVAZIONE:

1. Azione C1 - Riqualificazione delle pinete litoranee (2270\*) con riduzione della copertura delle specie esotiche invasive e la realizzazione di tagli selettivi e impianto di specie native per favorire nel sottobosco il recupero della macchia mediterranea. Questa azione produrrà, inoltre, beneficio alle popolazioni di pipistrelli aumentando l'idoneità dei siti di foraggiamento e rifugio.
2. Azioni C2 e C3 - Realizzazione di passerelle e paletti con cordini per la protezione dei gineprei dunali (2250\*) e degli habitat di avanduna (2110: Dune embrionali mobili, 2120: Dune mobili del cordone litorale con presenza di *Ammophila arenaria*, 2230: Dune con prati dei *Malcolmietalia*), e delle popolazioni locali di testuggini di Hermann (*Testudo hermanni*) e fratino (*Charadrius alexandrinus*), determinando una fruibilità controllata dell'area.
3. Azione C4 - Ripristino di ambienti umidi lagunari alla foce del Fiume Biferno, a beneficio degli habitat prioritari 3170\*- Stagni temporanei mediterranei e 1510\*Steppe salate mediterranee, dei pipistrelli e della Testuggine palustre (*Emys orbicularis*).
4. Azione C5 - Installazione di circa 400 Bat-Box, ovvero cassette progettate per offrire ai pipistrelli siti idonei per il riposo diurno. Questa azione ha l'obiettivo di far fronte al decremento delle popolazioni di pipistrelli dovuto alla riduzione dei siti di rifugio e riposo.
5. Azione C6 - Propagazione e conservazione ex-situ di specie native degli ambienti dunali. L'azione prevede l'allestimento di una banca dei semi di specie native costituisce un serbatoio della diversità locale di piante vascolari locali per consentirne la propagazione durante tutta la durata del progetto e oltre.

#### AZIONI DI DIVULGAZIONE:

Al fine di attirare l'attenzione dell'opinione pubblica, saranno realizzate campagne di sensibilizzazione sulla perdita della biodiversità e sulla necessità di tutela di determinate aree, e saranno avviati programmi di sensibilizzazione ed educazione ambientale (Azioni D3 - D11) rivolti alla scuole, agli operatori, ai portatori d'interesse (*stakeholders*) e ai fruitori delle spiagge del litorale molisano.

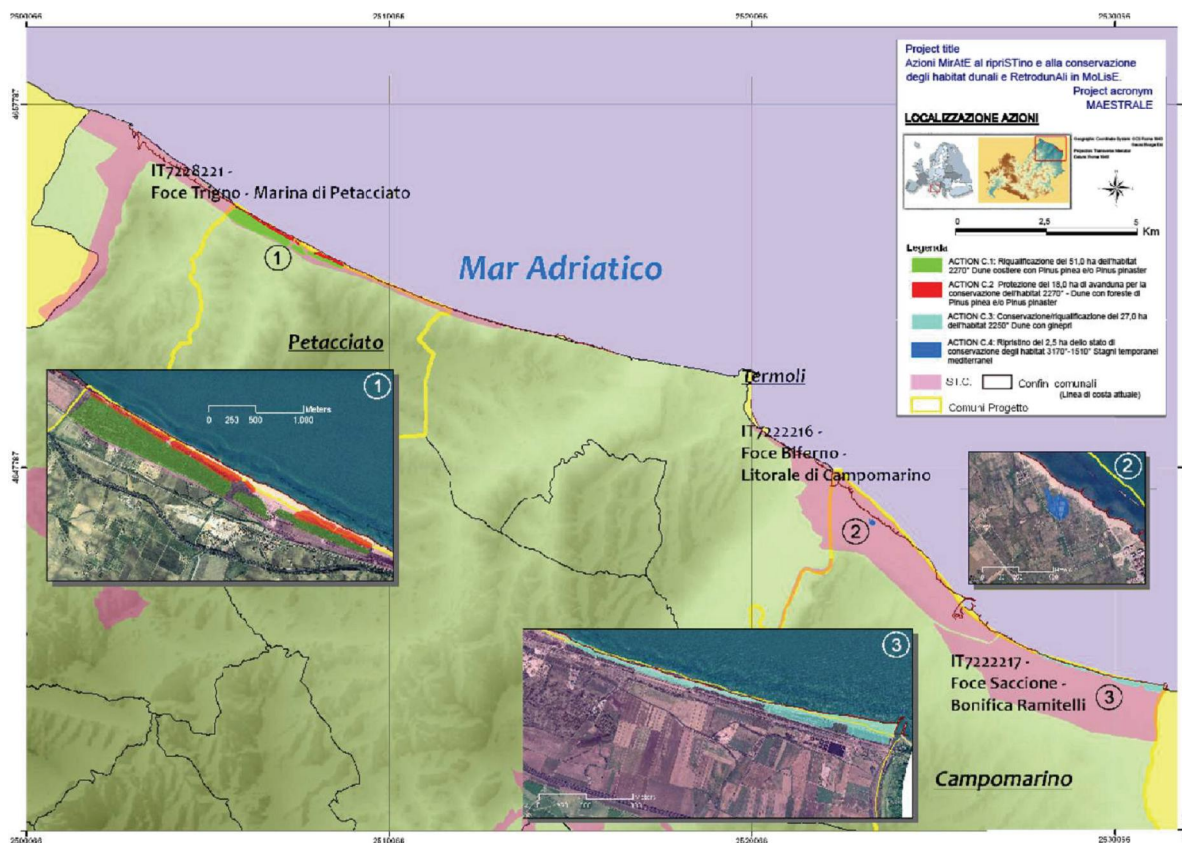


Figura 1 – Aree d'intervento del progetto Life MAESTRALE.  
Figure 1 – Areas of intervention of the Project Life MAESTRALE.

## Area MAESTRALE

Il contesto del progetto Life Maestrale è il litorale molisano in particolare le aree dunali e retrodunali del comune di Campomarino, partner beneficiario coordinatore del progetto, e del comune di Petacciato, beneficiario associato. Tali territori costituiscono luoghi di grande rilevanza naturalistica e vegetazionale e rappresentano uno dei migliori esempi di ambienti dunali, scarsamente antropizzati, della costa adriatica, dove è ancora possibile osservare la sequenza catenale psammofila nella sua espressione tipica, con tutti i suoi elementi vegetazionali presenti. Tale valenza naturalistica è confermata dall'istituzione, in soli 35 km di costa, di ben 3 Siti di Interesse Comunitario (IT7222217 “Foce Saccione-Bonifica Ramitelli”, IT7222216 “Foce Biferno-Litorale di Campomarino” e IT7228221 “Foce Trigno-Marina di Petacciato”) che si pongono come obiettivo la conservazione degli habitat naturali e seminaturali, nonché della flora e della fauna selvatiche.

In queste aree sono presenti 18 habitat di interesse comunitario, tra cui 4 habitat prioritari( 2270\* - Dune con foreste di *Pinus pinea* e/o *Pinus pinaster*, 2250\*- Dune costiere con *Juniperus spp*, Steppe salate mediterranee (*Limonietalia*)1510\* - , 3170\* - “Stagni temporanei mediterranei” ), per i quali è richiesta una protezione più rigorosa da parte della Comunità Europea rispetto agli altri habitat di interesse comunitario. La presenza di questi habitat qualificano il litorale molisano come una delle aree più importanti per la biodiversità degli ecosistemi costieri sabbiosi dell'Adriatico italiano [5;11]. Nell'area sono

anche presenti molteplici specie di flora di elevato interesse conservazionistico, incluse nelle Liste Rosse Regionali, tipiche della macchia a *Juniperus ssp.* e delle garighe come, ad esempio, *Helianthemum jonum* (specie endemica presente in poche regioni meridionali dell'Italia), *Carex hispida* e *Puccinellia palustris* (tipiche degli ambienti umidi e alofili) [1;7]. Tra le specie floristiche di avanduna una particolare attenzione la richiedono quelle entità che, sebbene risultino comuni in queste aree, sono molto rare lungo le coste limitrofe; è il caso, per esempio, di *Otanthus maritimus subsp. maritimus*, presente con ridottissime popolazioni isolate per la costa abruzzese [6]. Gli ecosistemi dunali e le aree umide retrodunali ospitano diverse specie di fauna di elevato interesse conservazionistico, pertanto la protezione e la riqualificazione di questi ambienti riveste un ruolo cruciale e andrà a beneficiare anche la persistenza della chiroterofauna e delle popolazioni di *Testudo hermanni* e di *Emys orbicularis*, specie a rischio di estinzione e inserite nella direttiva Habitat agli allegati 2 e 4 [10;3;4]. Gli obiettivi di conservazione del Progetto Life MAESTRALE verranno raggiunti attraverso la mitigazione e/o rimozione di alcune minacce alla perdita di habitat e di specie di interesse comunitario nei siti della rete Natura 2000 della costa della Regione Molise: errata gestione silvicolturale, presenza e diffusione delle specie alloctone vegetali, bonifica delle aree umide e scomparsa delle aree tampone marginali, alterazione della vegetazione di interduna e retroduna, pressione antropica e turistica.

## **Il Sistema informativo territoriale MAESTRALE**

Per lo svolgimento del progetto è stato costruito un SIT dedicato, contenente tutte le informazioni territoriali di base necessarie per definire la localizzazione ottimale delle azioni concrete di conservazione permettendo di costruire scenari predittivi dei risultati di tali azioni. Il SIT, costruito utilizzando il software ArcGis10 (Esri, 2010), è stato impostato seguendo il protocollo europeo INSPIRE (INfrastructure for SPatial InfoRmation in Europe) garantendone l'intercambiabilità dei dati con altri progetti ed aree d'interesse in Italia ed Europa.

Il supporto cartografico presente nel Geodatabase al momento attuale è costituito dalle cartografie di base, raccolte dal Laboratorio Environmetrics dell'Università degli studi del Molise, in collaborazione attiva con gli Enti Partner (Comune di Campomarino, Comune di Petacciato, Ambiente Basso Molise e Centro Studi Naturalistici) e con la Pubblica Amministrazione Nazionale (<http://www.pcn.minambiente.it/PCN/>) e Molisana (<http://cartografia.regione.molise.it/mapserver.html>), che raccolgono dati ancillari propedeutici per la definizione dei progetti esecutivi di ogni azione, nel dettaglio:

- Carta della copertura del suolo (scala 1:50.000), seguendo il protocollo CORINE land cover (anno 2002)
- Cartografia dei Siti d'Interesse Comunitario e delle Zone di Protezione Speciale (Ministero dell'Ambiente-<http://www.pcn.minambiente.it/PCN/> - aggiornata al 2010)
- Carta della densità abitativa (Dati Istat 2010, <http://www.urbistat.it/it/demografia/dati-sintesi/Urbistat>)
- Carta di dettaglio (1:5000) del reticolo idrografico ed aree umide della Regione Molise (<http://www.pcn.minambiente.it/PCN/>) appositamente aggiornata

- Carta della linea di costa attuale e della sua evoluzione recente (scala 1:5000), Fonte: UNIMOL
- Cartografia di dettaglio della copertura del suolo (scala 1:5000), fonte: UNIMOL – Assessorato all’ambiente della Regione Molise.
- Cartografia di dettaglio (scala 1:5000) della distribuzione degli habitat di direttiva prioritari all’interno dei SIC costieri, fonte: UNIMOL-Assessorato all’Ambiente della Regione Molise.
- Cartografia delle aree di intervento per l’azioni di conservazione (C1 - C2 - C3 - C4 - C5).

## **Alcuni risultati e considerazioni**

Il SIT MAESTRALE costituisce uno strumento dinamico e in continua evoluzione che segue l’intero iter del progetto. Permette di modellizzare le diverse azioni di conservazione facilitando l’identificazione dei possibili punti deboli del progetto, consente di valutare gli effetti delle azioni concrete di conservazione a breve e a lungo termine, facilitando e semplificando una visione d’insieme che consentirà di evidenziare le criticità territoriali presenti, gli eventuali effetti integrati e le sinergie che si producono dalla coazione degli interventi previsti. Inoltre, tale strumento, consentirà di reperire agevolmente il materiale cartografico utile per supportare la divulgazione e la comunicazione dei risultati.

In particolare il SIT MAESTRALE consente di:

- Avere una descrizione dettagliata della distribuzione della biodiversità naturale (habitat e specie minacciati) presente nei sistemi di duna costiera, nonché delle pressioni e minacce alle quali sono soggette le diverse componenti.
- Pianificare ed avviare le diverse azioni coadiuvando la scelta delle modalità la tempistica e la distribuzione delle diverse azioni concrete di conservazione previste dal progetto.
- Pianificare il monitoraggio. La conoscenza della distribuzione delle azioni e degli habitat di direttiva e delle specie target sul territorio ci permette al momento una pianificazione della rete di monitoraggio della biodiversità sul territorio. Questa rete mira soprattutto a verificare l’efficacia delle azioni e a migliorare quando necessario la loro implementazione. In base al SITI sarà anche possibile identificare altre aree adatte per l’implementazione in futuro di azioni di conservazione simili a quelle proposte.
- Costruire dei modelli predittivi degli effetti delle azioni proposte. Il SITI costituisce la base per proiettare gli effetti di ogni azione di conservazione nel tempo a scala locale e di paesaggio.
- Contribuire alla realizzazione di materiale divulgativo e di promozione ambientale. Dato che le carte e le tabelle inserite nel sistema permettono diverse interrogazioni e prodotti grafici ed informativi, questa azione offre un grande contributo alle azioni di divulgazione e comunicazione dei risultati, oltre che alle attività di educazione ambientale.
- Garantire, grazie allo sviluppo secondo il protocollo europeo INSPIRE, l’interscambiabilità dei dati con altri progetti e aree d’interesse in Italia ed Europa.



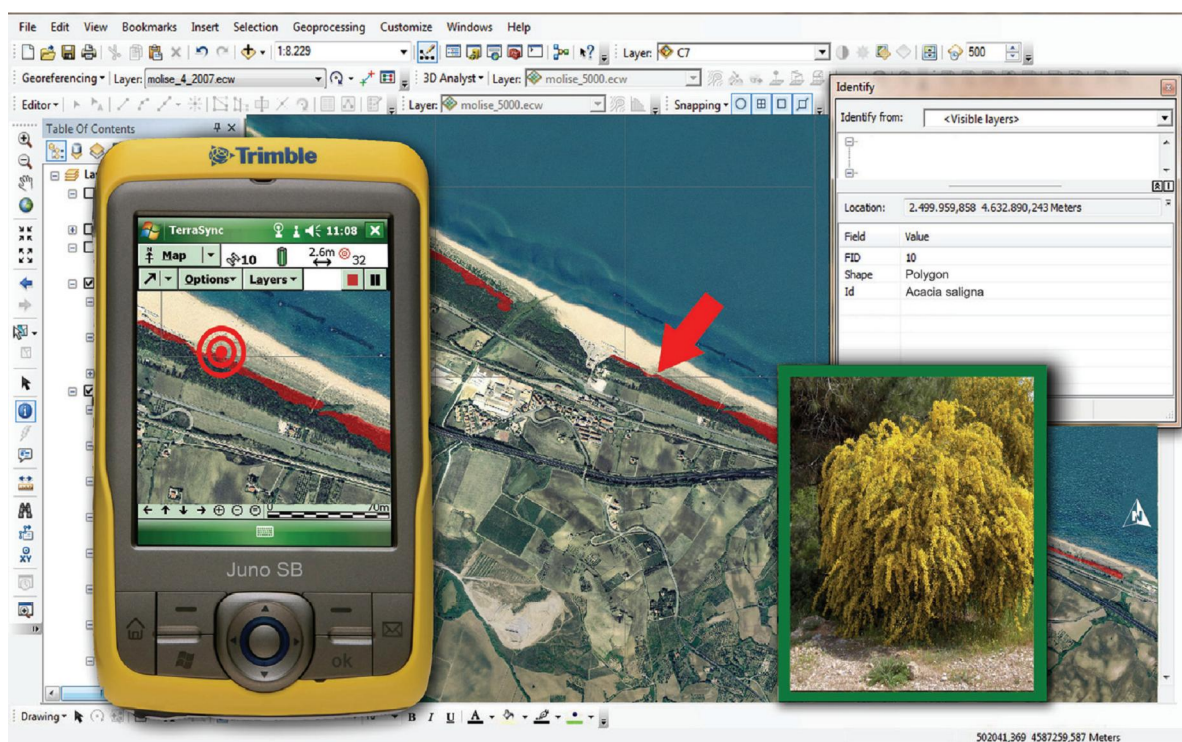


Figura 2 – Visualizzazione all'interno del SIT MAESTRALE delle aree invase da *Acacia saligna*.

Figure 2 – Representation inside the SIT MAESTRALE of the areas invaded by *Acacia saligna*.

## Bibliografia

- [1] Acosta A., Carranza M.L., Conti F., De Marco G., D'Orazio G., Frattaroli A.R., Izzi C.F., Pirone G. & Stanisci A., 2005. Banca dati della flora costiera psammofila dell'Italia centrale. Inform. Bot. Ital. 37: 110-111.
- [2] Audisio P., Muscio G., Pignatti S., 2002. *Distribuzione spaziale dei sistemi spiaggia-duna italiani* in Quaderni habitat. Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare. Museo Friulano di Storia Naturale - Comune di Udine
- [3] Battersby, J. (comp.) (2010): *Guidelines for Surveillance and Monitoring of European Bats*. EUROBATS Publication Series No. 5. UNEP / EUROBATS Secretariat, Bonn, Germany, 95 pp.
- [4] Berardo F. 2011, *Monitoraggio di flora e fauna di interesse conservazionistico nelle aree di rete natura 2000*. Tesi di laurea magistrale, Università degli Studi del Molise.
- [5] Carranza M.L., Acosta A., Stanisci A., Pirone G., Ciaschetti G. 2008. *Ecosystem classification and EU habitat distribution assessment in sandy coastal environments*. Environmental Monitoring and Assessment 140 (1-3): 99-107.
- [6] Frattaroli A.R., Acosta A., Ciaschetti G., Di Martino L., Pirone G. & Stanisci A., 2007. *Indagine sulla qualità ambientale della costa dell'Abruzzo meridionale e del Molise (Adriatico centrale) su base floristico-vegetazionale*. Fitosociologia 44 (1): 117-127.



- [7] Izzi C.F., Acosta A., Carranza M.L., Conti F., Ciaschetti G., Di Martino L., D’Orazio G., Frattaroli A.R., Pirone G. & Stanisci A., 2007. *Il censimento della flora vascolare degli ambienti dunali costieri dell’Italia centrale*. Fitosociologia 44 (1): 129-137.
- [8] McCarthy J.J., Canziani O. F., Leary N. A., Dokken D.J. & White K.S. (Eds.), 2001. *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press.
- [9] Petrella S., Bulgarini F., Cerfolli F., Polito M. & Teofili C. (Eds), 2005. *Libro rosso degli habitat d ’Italia*. WWF Italia - ONLUS, Roma
- [10] Sindaco, R., Doria, G., Razzetti, E., Bernini, F., Eds, 2006. *Atlante degli Anfibi e dei Rettili d’Italia/Atlas of Italian Amphibians and Reptiles*, p. 678-695. Societas Herpetologica Italica, Edizioni Polistampa, Firenze.
- [11] Stanisci A., Acosta A., Carranza M.L., Feola S. & Giuliano M., 2007. *Gli habitat di interesse comunitario sul litorale molisano e il loro valore naturalistico su base floristica*. Fitosociologia vol.44 (1):171-175.

## **Sistema di Supporto decisionale per la conservazione della biodiversità minacciata nei sistemi agricoli. Il progetto DINAMO (Life NATIT00324)**

Giovanni Ciccorelli, Maria Laura Carranza, Angela Stanisci, Anna Loy,  
Davide Marino, Lorenzo De Lisio, Fabiana Berardo

EnvixLab, Dipartimento di Bioscienze e Territorio -Università degli Studi del Molise,  
Contrada Fonte Lappone, 86090 Pesche (IS)  
giovanni500@gmail.com, carranza@unimol.it, stanisci@unimol.it; a.loy@unimol.it; dmarino@unimol.it;  
lorenzo.delisio@fastwebnet.it; fabi.berardo@hotmail.it

### **Riassunto**

Obiettivo generale dello studio è quello di dimostrare l' utilità dei sistemi informativi territoriali (SIT) e di supporto decisionale (DSS) nella pianificazione e realizzazione di progetti di conservazione. Il lavoro si svolge nel contesto del progetto europeo LIFE NATIT00324 DINAMO ("Incremento della biodiversità a rischio di estinzione nelle aree agricole e seminaturali: un modello di gestione innovativo"). L'obiettivo principale di DINAMO è quello di preservare e incrementare le popolazioni di specie e le superfici di habitat minacciati nei sistemi agricoli costieri grazie alla cooperazione congiunta di soggetti pubblici (Amministrazioni comunali) e privati (agricoltori).

A titolo di esempio viene modellizzata una delle azioni di conservazione DINAMO: l'impianto di specie arboree e arbustive lungo fossi e torrenti di alcune aziende agricole coinvolte nel progetto mirati ad un duplice obiettivo: l'incremento della vegetazione naturale nel sistema agricolo, e il miglioramento della connettività nelle aree esterne ai SIC per la *Testudo hermanni*. Come supporto al processo decisionale sono stati prodotti due modelli spaziali per la *Testudo hermanni*: 1) Modello di Distribuzione Spaziale (Spatial Distribution Model), 2) Modello della connettività. Entrambi i modelli sono stati sviluppati per il paesaggio agricolo prima dell'intervento, e su tre scenari ipotetici che presentano delle distribuzioni alternative delle aree di piantumazione. Successivamente, in base ai risultati ottenuti sono state scelte le aree di intervento che più efficacemente contribuiscano alla realizzazione di una rete ecologica per la specie. Le prime osservazioni derivate dal lavoro di monitoraggio dimostrano una pianificazione adeguata ed efficace.

### **Abstract**

The utility of the Geographic Information Systems and the Decision Support Systems on supporting landscape planning are undisputed. We illustrate a DSS specifically built to identify and plan conservation actions oriented to increase the menaced biodiversity on agricultural areas. The work takes place in the context of the European project LIFE NATIT00324 DINAMO (Increasing endangered bioDIversity iN Agricultural and semi-natural areas: a demonstrative Management mOdel). The aim of DINAMO is to preserve and increase the endangered biodiversity (habitats and species) on agricultural landscapes through the joint cooperation of public (municipal government) and private (farmers) stake holders.

In particular, we describe the Decision process on implementing one of the DINAMO conservation actions: "tree and shrub planting along ditches and streams on agricultural areas". The effects of such action must be dual: the increment of natural vegetation area and the improvement of connectivity for the *Testudo hermanni* outside the Natura2000 sites. During the Decision process we integrated two specific spatial models for *Testudo hermanni*: a) the Habitat Distribution Model

distribuzione della specie (Habitat Distribution Model – HDS; Guisan, Thuiller, 2005) ed uno che ne modella il movimento nel paesaggio (Connectivity Model, Saura & Pascual-Hortal, 2007). Per la costruzione del modello di distribuzione della testuggine (HDM) sono stati elaborati i tematismi cartografici adatti a descrivere le caratteristiche del territorio in funzione dei requisiti ecologici e dei fattori potenziali di disturbo della specie (carta delle pendenze elaborata da un modello digitale del terreno con passo di 20 m, carta degli insediamenti abitativi, carta dell'idrografia, carta delle aree boscate e cespugliate scala 1:5.000, carta delle infrastrutture per il trasporto su strada e su rotaia). In particolare, le aree boscate e cespugliate con una pendenza inferiore al 25% sono state definite idonee ospitare per *Testudo hermanni* in quanto offrono riparo sia nei mesi estivi (riparo dal caldo eccessivo) sia per quelli invernali (aree di rifugio per il letargo) (Fig. 2). Il modello di distribuzione è stato costruito con un approccio 'expert based' (Corsi et al., 2000), attribuendo valori idoneo/non idoneo e filtri alle diversi componenti di ciascun tematismo.

Per il modello di connettività è stato necessario definire la "permeabilità" allo spostamento della matrice di paesaggio. In particolare è stato costruito un "grid di attrito" riclassificando e combinando le diverse cartografie tematiche in base alle loro resistenze per lo spostamento della specie (Fig. 2). Sono state definite come aree atte allo spostamento le aree seminaturali ed agricole (Corti, Zuffi, 2003; Mazzotti 2004, 2006) e come barriere i corsi idrici, le aree urbane, l'autostrada A14 e la ferrovia Bologna-Bari.

Successivamente, per definire l'efficacia ecologica del territorio attuale e quella post-intervento di rinaturalizzazione, i due modelli (distribuzione e permeabilità della matrice) sono stati integrati mediante l'implementazione di un indice di connettività (PC – Probability of connectivity, Saura & Pascual-Hortal, 2007) derivante dalla teoria dei grafi. L'indice PC si basa sul concetto di disponibilità di habitat (nodi del grafo) e su un modello probabilistico di legami funzionali tra gli habitat stessi (calcolati attraverso un algoritmo di cammini di costo minimo – Minimum Cost Path). Con l'utilizzo di PC si è valutata la connettività per la testuggine prima degli interventi di rinaturalizzazione. Il contributo di ogni area di distribuzione (nodo del grafo) alla connettività per la testuggine è stato valutato attraverso il dPC, tecnica che prevede il calcolo del valore di PC eliminando un nodo alla volta (leave one out). In questo modo è stato possibile identificare quali sono i nodi che migliorano la connettività. Inoltre, l'indice PC è stato successivamente scorporato nei suoi tre componenti (habitat, connessione e flusso - rispettivamente PCintra, PCconnector e PCflux) in modo da valutare come ogni singolo nodo contribuisce a mantenere la connettività del sistema (Per dettagli vedere Saura e Rubio 2010).

In un secondo momento si è provveduto a valutare diversi scenari legati all'intervento che prevede la riqualificazione di 5 ettari di habitat boscati ai margini di fossi presenti nelle aree agricole coinvolte nel progetto (Fig. 3): a) creazione di un nuovo poligono di boscato (nodo), b) creazione di lembi lineari di bosco che permettano di unire delle piccole macchie di habitat già presenti (da due o più nodi piccoli ad un nodo più grande), c) habitat creazione di aree boscate che consentano di annessere piccole macchie boscate a grandi macchie boscate già esistenti (da un nodo grande ed alcuni piccoli, si passa ad un nodo molto grande).

## Risultati

La carta della distribuzione potenziale ha messo in evidenza l'esistenza di 111 nodi di habitat idoneo per la testuggine di Herman. Tali nodi, di diversa grandezza ed importanza, si distribuiscono in maniera non uniforme nell'area (Fig. 2). Le macchie più grandi di habitat idoneo si distribuiscono lungo i boschi ripari e a ridosso della linea di costa (pinete e rimboschimenti di conifere).

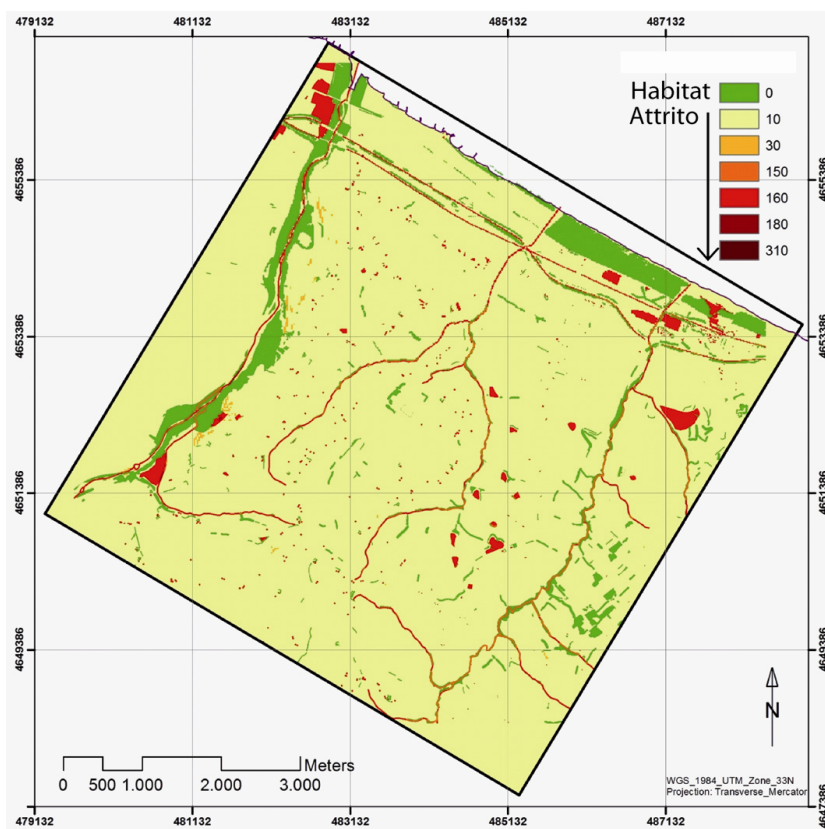


Figura 2. Modello di distribuzione di *Testudo hermanni* (aree verdi) e permeabilità della matrice territoriale (dal giallo al marrone) prima degli interventi DINAMO.

L'analisi della connettività per la testuggine di Hermann basata sui tre diversi scenari ha messo in evidenza che gli interventi di a) e c) sono i più efficaci in quanto portano ad un incremento di PC e quindi migliorano la connettività del sistema (Tab. 1; Fig.3).

Tabella 1. Valori di connettività (PC) e numero macchie idonee (N) per i diversi scenari.

	N	PC
T0	114	1,207
A	115	1,243
B	114	1,209
C	111	1,216

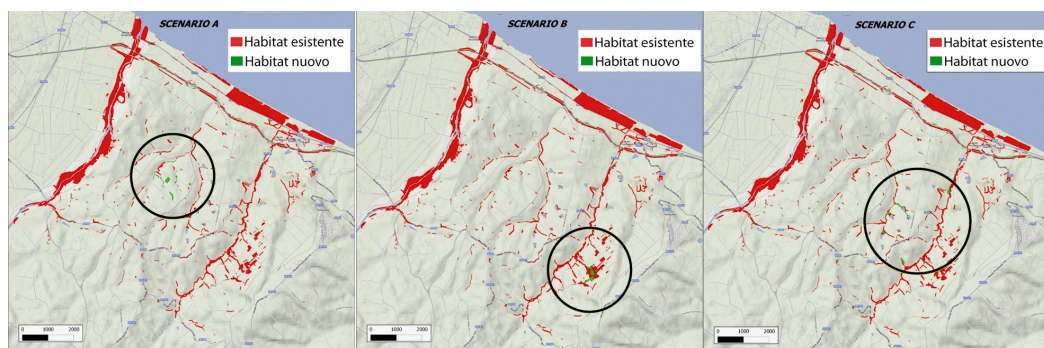


Figura 3. Distribuzione dell'habitat di *Testudo hermanni* secondo tre ipotesi di intervento. Nuovo habitat A) in un nuovo nodo isolato, B) in contiguità di piccoli nodi esistenti, C) in contiguità ad un nodo molto esteso già esistente.

## Discussione

Il mantenimento di elevati livelli di connettività in paesaggi altamente frammentati dall'attività antropica è una priorità delle politiche di conservazione delle specie sensibili di estinzione. Pertanto lo studio di *Testudo h. hermanni* in un contesto agricolo e antropizzato ha richiesto una lettura strutturale e dinamico-funzionale del mosaico territoriale basata sulle conoscenze della biologia e dell'etologia della specie (Pullin et al., 2004; Battisti, 2004; Moilanen et al., 2005).

L'utilizzo dell'indice di "Probabilità di Connettività" (Saura, Pascual-Hortal, 2007), si è dimostrato uno strumento efficace per integrare pattern territoriale e processi ecologici. Esso ci ha permesso di descrivere la struttura e la funzione dell'habitat idoneo nel contesto della funzionalità e della dinamica in ambienti agricoli, e di stabilire una priorità di intervento in rapporto della loro distribuzione spaziale.

L'area indagata ha mostrato un grado di connettività post intervento maggiore di quello precedente le azioni di riforestazione e riqualificazione boschiva e arbustiva. La variazione dell'indice PC ha permesso di identificare gli interventi più efficaci nell'aumentare la funzionalità della rete ecologica per la testuggine di Herman nell'area. Tra questi l'aggiunta di un grosso nuovo nodo (tipo a) o di lembi boscati che collegano diversi lembi piccoli ad un lembo di habitat esteso già esistente.

La pianificazione degli interventi, in questo caso, si è basata sull'analisi di diversi scenari. In particolare, la gerarchizzazione dei nodi e dei legami ha consentito di individuare gli elementi critici per mantenere, migliorare o incrementare gli attuali valori di connettività.

I tre scenari analizzati hanno permesso di avere più chiaro il ruolo che svolgono le nuove patch di riforestazione in relazione alla connettività specie-specifica del paesaggio. Tale approccio può essere esteso ad altre specie o aree e rappresenta un utile strumento per massimizzare l'efficacia degli interventi di conservazione e ottimizzare le risorse investite nei progetti.

## Bibliografia

- Battisti C. (2004). *Frammentazione ambientale, connettività, reti ecologiche. Un contributo teorico e metodologico con particolare riferimento alla fauna selvatica*. Provincia di Roma, Assessorato alle politiche ambientali, Agricoltura e Protezione civile pp.
- Carranza M.L., Ciccorelli G. (2011), Il SITI DINAMO: Un sistema Informativo Territoriale Integrato per la conservazione della biodiversità minacciata nei sistemi agricoli del Basso Molise. In: Carrabba P., Padovani L.M., De Mei M., Stanisci A., Carranza M.L. (eds.) 2011 *Il Progetto DINAMO per la biodiversità del Molise (LIFE08 NAT/IT/000324)*. Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile. Roma. ISBN 978-88-8286-237-4. pp: 35-39. On line: [http://www.life-dinamo.it/attachments/093\\_Biodiversita\\_Molise\\_2011\\_web.pdf](http://www.life-dinamo.it/attachments/093_Biodiversita_Molise_2011_web.pdf)
- Carranza M.L., Ciccorelli G., De Lisio L., Stanisci A. (2011), Un Sistema di Supporto

- Decisionale per promuovere la biodiversità minacciata nei sistemi agricoli del Basso Molise. In: Carrabba P., Padovani L.M, De Mei M., Stanisci A., Carranza M.L. (eds.) 2011 *Il Progetto DINAMO per la biodiversità del Molise (LIFE08 NAT/IT/000324) D.1.S – D.2.S – D.3.S. ENEA*. Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile. Roma. ISBN 978-88-8286-237-4. pp: 67-75. On line. [http://www.life-dinamo.it/attachments/093\\_Biodiversita\\_Molise\\_2011\\_web.pdf](http://www.life-dinamo.it/attachments/093_Biodiversita_Molise_2011_web.pdf)
- Corsi F., De Leeuw J., Skidmore A. (2000), Modeling species Distribution with GIS. In “*Research Techniques in Animal Ecology. Controversies and Consequences.*” Boitani L., Fuller T. (Eds), 11: 389-434.
- Corti C., Zuffi M.A. (2003), Aspects of population ecology of *Testudo hermanni hermanni*, from Asinara Island, NW Sardinia (Italy, Western Mediterranean Sea): preliminary data. *Amphibia-Reptilia*, 24 (4): 441-447.
- Guisan A., Thuiller W. (2005) Predicting species distribution: offering more than simple habitat models. *Ecol Lett* 8:993-1009
- Marino D., Stanisci A., Loy A., Carranza M.L., Marchetti M., Di Carlo A., Blasi F., De Lisio L., Chiavetta U., Ciccorelli G., Pelino G., Antimiani F., Valenti S., Padovani L., Carrabba P., De Mei M., Cappuccio A. (2010), Il progetto DINAMO : conservazione della biodiversità in aree agricole Una rete materiale e immateriale attivata nel Basso Molise. *Ambiente Risorse Salute* 125: 11-16.
- Stanisci A., Pelino G. (2011), Gli habitat di interesse comunitario nell'area del progetto DINAMO. In: Carrabba P., Padovani L.M, De Mei M., Stanisci A., Carranza M.L. (eds.) 2011 *Il Progetto DINAMO per la biodiversità del Molise (LIFE08 NAT/IT/000324) D.1.S – D.2.S – D.3.S. ENEA*. Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile. Lungotevere Thaon di Revel, 76. 00196 Roma. ISBN 978-88-8286-237-4. pp: 23-25. On line. [http://www.life-dinamo.it/attachments/093\\_Biodiversita\\_Molise\\_2011\\_web.pdf](http://www.life-dinamo.it/attachments/093_Biodiversita_Molise_2011_web.pdf)
- Loy A., De Lisio L. (2011), La fauna di interesse comunitario nell'area del progetto DINAMO. In: Carrabba P., Padovani L.M, De Mei M., Stanisci A., Carranza M.L. (eds.) (2011), *Il Progetto DINAMO per la biodiversità del Molise (LIFE08 NAT/IT/000324) D.1.S – D.2.S – D.3.S. ENEA*. Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile. Lungotevere Thaon di Revel, 76. 00196 Roma. ISBN 978-88-8286-237-4. pp: 26-31. On line. [http://www.life-dinamo.it/attachments/093\\_Biodiversita\\_Molise\\_2011\\_web.pdf](http://www.life-dinamo.it/attachments/093_Biodiversita_Molise_2011_web.pdf)
- Mazzotti S. (2004), Hermann's tortoise (*Testudo hermanni*): current distribution in Italy and ecological data on population from the north Adriatic coast (Reptilia, Testudinidae). *Ital. J. Zool.*, 71. Suppl.1: 97-102.
- Mazzotti S. (2006), Testuggine di Hermann, *Atlante degli Anfibi e dei rettili d'Italia*. pag. 390-395
- Moilanen, A., Franco, A.M.A., Early, R., Fox, R., Wintle, B., Thomas C.D. (2005). Prioritising multiple use landscapes for conservation: methods for large multi species planning problems. *Proc. R. Soc. Lond. B Biol. Sci.*, 272: 1885-1891.
- Pullin A.S., Knight T.M., Stone D.A., Charman K. (2004). Do conservation managers use scientific evidence to support their decision-making? *Biological Conservation* 119, 245-252.
- Saura S, Pascual-Hortal L (2007), A new availability index to integrate connectivity in landscape conservation planning: Comparison with existing indices and application to a case study. *Landsc Urb Plann* 83: 91-103
- Saura S, Rubio L (2010), A common currency for the different ways in which patches and links can contribute to habitat availability and connectivity in the landscape. *Ecography* 33: 523-537
- Stanisci A., Pelino G. (2011) Gli habitat di interesse comunitario nell'area del progetto DINAMO In: Carrabba P., Padovani L.M, De Mei M., Stanisci A., Carranza M.L. (eds.) (2011), *Il Progetto DINAMO per la biodiversità del Molise (LIFE08 NAT/IT/000324) D.1.S – D.2.S – D.3.S. ENEA*. Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile. Lungotevere Thaon di Revel, 76. 00196 Roma. ISBN 978-88-8286-237-4. pp: 26-31. On line. [http://www.life-dinamo.it/attachments/093\\_Biodiversita\\_Molise\\_2011\\_web.pdf](http://www.life-dinamo.it/attachments/093_Biodiversita_Molise_2011_web.pdf)



## **Un SIT per la gestione, e la conservazione della biodiversità nelle dune costiere. Il caso di MAESTRALE (LIFE 10NAT/IT/000262)**

Fabiana Berardo, Maria Laura Carranza, Giovanni Ciccorelli, Silvia Del Vecchio, Sara Fusco, Francesco Iannotta, Anna Loy, Federica Roscioni, Angela Stanisci

Lab, Dipartimento di Bioscienze e Territorio. Università degli Studi del Molise,  
Contrada Fonte Lappone, 86090 Pesche (IS)

Email: fabiana.berardo@studenti.unimol.it; carranza@unimol.it; giovanni500@gmail.com;  
sdvecchio@uniroma3.it; fusco.sara@gmail.com; francesco.iannotta@inwind.it; a.loy@unimol.it;  
federica.roscioni@unimol.it; stanisci@unimol.it

### **Riassunto**

I sistemi costieri sabbiosi sono ambienti molto rilevanti dal punto di vista ecologico, biologico e paesaggistico per la presenza, in aree ristrette, di numerose comunità vegetali e fauna altamente specializzate. Allo stesso tempo, questi sistemi sono molto vulnerabili e fortemente minacciati da diversi fattori come l'erosione costiera, il cambiamento climatico, il turismo e le specie esotiche invasive. A livello europeo si assiste ad un degrado generale degli ecosistemi costieri, in particolare in ambiente mediterraneo, che compromette, oltre che il valore paesaggistico e biologico, anche gli importanti servizi ecosistemici che essi offrono. La costa molisana, seppur minacciata dalla pressione antropica, ha conservato un alto valore naturalistico; in queste aree si riscontrano ancora discrete estensioni di dune costiere che annoverano la presenza di 18 habitat d'interesse comunitario e 3 Siti di Interesse Comunitario (SIC). Il progetto MAESTRALE (LIFE 10NAT/IT/000262) ha come obiettivo la riqualificazione, la protezione, il ripristino e la conservazione degli habitat dunali e retrodunali molisani mediante la realizzazione di azioni concrete di conservazione (come ad esempio la riduzione delle specie di flora vascolare esotica per migliorare la struttura e la composizione floristica nativa degli habitat di interesse comunitario prioritario, la realizzazione di percorsi obbligati per ridurre il calpestio associato alla fruizione balneare, l'installazione di bat box per aumentare la disponibilità di aree di rifugio/riproduzione per i chiroteri) e lo svolgimento di attività di divulgazione, sensibilizzazione ed educazione ambientale. Alla base delle attività previste dal progetto MAESTRALE sono stati costruiti un Sistema Informativo Territoriale (SIT) e un Sistema di Supporto Decisionale (SSD) dedicati. Il SIT ed il SSD, conformi alla direttiva INSPIRE, raccolgono le informazioni ambientali (uso del suolo, habitat di direttiva, distribuzione delle specie di fauna) necessarie per analizzare il territorio delle dune costiere e forniscono le basi geografiche per l'implementazione delle azioni di conservazione ed il loro monitoraggio; inoltre archiviano informazioni utili per numerose attività di divulgazione, educazione ambientale e promozione culturale.

### **Abstract**

The coastal dunes are ecosystems particularly interesting from the of ecological, biological and landscape point of view because they host, in restricted areas, many highly specialized species of flora and fauna. Furthermore, they offer unique ecological services such as filtration of large volumes of seawater and recycling of nutrient or flood control and storm protection. At the same time, these systems are significantly threatened by several factors such as coastal erosion, climate change, tourism and invasive alien species. The degradation and loss of the littoral landscape has concerned all coastal countries of the European Union, and is particularly striking on the

Mediterranean coasts. Nonetheless, the coastal dunes of Molise Region still host many EU Directive 92/43 Habitat types and for this reason three SAC (Special Areas of Conservation) that include 20 km of coastal dunes have been proposed for this region. In this context the European Union have funded a LIFE project MAESTRALE (10NAT/IT/000262) aimed to the requalification, protection, restoration and conservation of coastal dunes in Molise. To reach this aims MAESTRALE will implement many concrete conservation actions (such as the reduction of the species of exotic vascular flora to improve the structure and floristic composition of the native habitats of Community interest priority, the creation of paths required to reduce poaching associated with beach use, the installation of bat box to increase the availability of refuge/breeding areas for bats) and will promote activities of environmental education and popularization of ecology. For dealing with such landscape conservation and monitoring aspects, MAESTRALE have developed specific a Geographical Information System and Decision Support System. The GIS and DSS, whose structure conforms to European Directive INSPIRE, encompass environmental information (land use, habitat directive, distribution of fauna species) needed to analyze the coastal dunes landscape and provide the geographical basis for the implementation of conservation actions and for monitoring them. They also offer cartographic and alphanumeric information useful for the outreach activities, environmental education and cultural promotion.

### Introduzione

Mediante lo strumento finanziario Life + Natura e Biodiversità l'unione Europea cofinanzia, negli Stati membri e in taluni Paesi terzi che si affacciano nel mar Mediterraneo e nel mar Baltico, azioni che mirano alla salvaguardia dell'ambiente e che permettono di contribuire all'attuazione della politica comunitaria in materia di natura e biodiversità, in particolare della Direttiva concernente la conservazione degli uccelli selvatici (Direttiva 79/409/CEE, "Uccelli") e di quella relativa alla conservazione degli habitat naturali e seminaturali, della flora e della fauna selvatiche (Direttiva 92/43/CEE, "Habitat"). In questo contesto si inserisce il progetto Life MAESTRALE (Azioni MirAtE al ripriSTino e alla conservazione degli habitat dunali e RetrodunAli in MoLisE -Life 10NAT/IT/000262), uno degli undici progetti italiani ammessi, per l'annualità 2010, al cofinanziamento per la componente Natura e Biodiversità.

Il progetto Life ha una durata quinquennale (Settembre 2011 – Aprile 2017) ed è finalizzato alla realizzazione di azioni mirate al ripristino e alla conservazione degli habitat dunali e retrodunali nei siti della rete Natura 2000 della costa della Regione Molise. In particolare il progetto ricade nel comune di Campomarino, partner beneficiario coordinatore, e nel comune di Petacciato, beneficiario associato. Tali aree litoranee hanno una grande rilevanza naturalistica e vegetazionale (Acosta et al. 2005; Stanisci et al. 2007), sono presenti 18 habitat di interesse comunitario (92/43/CEE) che hanno permesso l'istituzione di 3 siti S.I.C. (IT7228221, Foce Trigno - marina di Petacciato, IT7222217 "Foce Saccione-Bonifica Ramitelli", IT7282216- Foce Biferno – Litorale Campomarino). Tuttavia le aree d'intervento sono sottoposte ad una pressione antropica costante ove molteplici fattori di alterazione minacciano l'integrità degli ecosistemi (erosione, escavazioni di sabbia, incendi e interventi di forestazione). Inoltre, nessuno dei tre siti S.I.C. dispone di un piano di gestione e, pertanto, l'iniziativa progettuale si prefigge di conservare l'habitat delle dune e delle zone salmastre umide, così come di proteggere le specie della flora e della fauna tipiche di questa area litoranea. Tali obiettivi saranno raggiunti mediante la realizzazione di azioni concrete di conservazione, in seguito riportate, che permetteranno di riqualificare, proteggere, ripristinare e conservare gli habitat prioritari dunali e retrodunali: **Riqualificazione delle pinete litoranee** (2270\*- Dune costiere con *Pinus pinea* e/o *Pinus Pinaster*); **Protezione dell'avanduna con ricostituzione delle dune con vegetazione di sclerofille dei Cisto – Lavanduletalia** (2260); **Realizzazione di passerelle e paletti con cordini per la protezione dei ginepreti dunali** (2250\*) e degli habitat di avanduna (2110: Dune embrionali mobili, 2120: Dune mobili del cordone litorale con presenza di *Ammophila arenaria*, 2230: Dune con prati dei Malcolmietalia); **Ripristino dello stato di conservazione di ambienti umidi lagunari alla foce del fiume Biferno, a beneficio degli**



**habitat prioritari 3170\*** (Stagni temporanei mediterranei) e **1510\***(Steppe salate mediterranee); **Realizzazione e apposizione di Bat-Box; Propagazione e conservazione ex-situ di specie native degli ambienti dunali.**

Al fine di garantire la riuscita del progetto sul piano tecnico-scientifico è stato messo a punto, seguendo il protocollo europeo INSPIRE (INfrastructure for SPatial InfoRmation in Europe), un **Sistema Informativo Territoriale (SIT)** dedicato, contenente cartografie tematiche, immagini tele rilevate e dati puntuali che costituiscono la base per il **Sistema di Supporto Decisionale (SSD)**. Il SIT ed il SSD MAESTRALE costituiscono la base di informazioni e di mezzi hardware/software atti ad analizzare il territorio, identificare i parametri (variabili) limitanti negli ecosistemi (diagnosi), pianificare appositi interventi di riqualificazione ed ipotizzare scenari predittivi simulando l'andamento degli interventi specifici (prognosi) (Fig.1). La simulazione abbinata ai dati di monitoraggio permette, sotto la supervisione e verifica continua da parte degli esperti, di migliorare le modalità e la localizzazione degli interventi concreti di conservazione, facendone emergere le criticità.

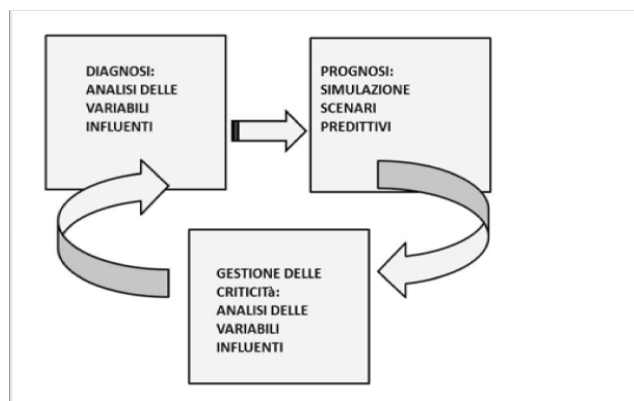


Figura 1. Rappresentazione schematica dei SIT e SSD MAESTRALE.

### Obiettivo

In questo lavoro abbiamo voluto riportare, a titolo d'esempio, il SIT e SSD MAESTRALE utilizzati per identificare le aree d'intervento di due azioni concrete di conservazione che interesseranno la pineta litoranea di Petacciato Marina e l'attigua avanduna, rispettivamente l'Azione Riqualificazione delle pinete litoranee e l'Azione Protezione dell'avanduna con ricostituzione delle dune con vegetazione di sclerofille dei *Cisto – Lavanduletalia*).

### Implementazione del DSS MAESTRALE

Il SIT contenente cartografie di base (fonti: <http://www.pcn.minambiente.it/PCN/>; <http://cartografia.regione.molise.it/mapserver.html>; dati alfanumerici e cartografici gentilmente fornite dai partner EnvixLab–UniMol, Comune di Campomarino, Comune di Petacciato, Ambiente Basso Molise e Centro Studi Naturalistici) raccoglie dati ancillari propedeutici per la definizione dei progetti esecutivi delle azioni di conservazione previste. Il SSD sviluppato per individuare la tipologia e la localizzazione degli interventi concreti di conservazione previsti da MAESTRALE segue come schema generale quello riportato in Figura 2. In particolare si è avvalso di cartografia digitale (Digital Elevation Model, Uso del suolo, Carte catastali, Reticolo idrografico), di accurate descrizioni floristico-vegetazionali (113 rilievi su plot di 4x4 m), di dati di letteratura relativi alle segnalazioni, delle descrizioni sulla flora e la vegetazione delle aree target raccolti nell'ambito dell'azione preparatoria (Inventario scientifico – caratterizzazione floristico-vegetazionale).

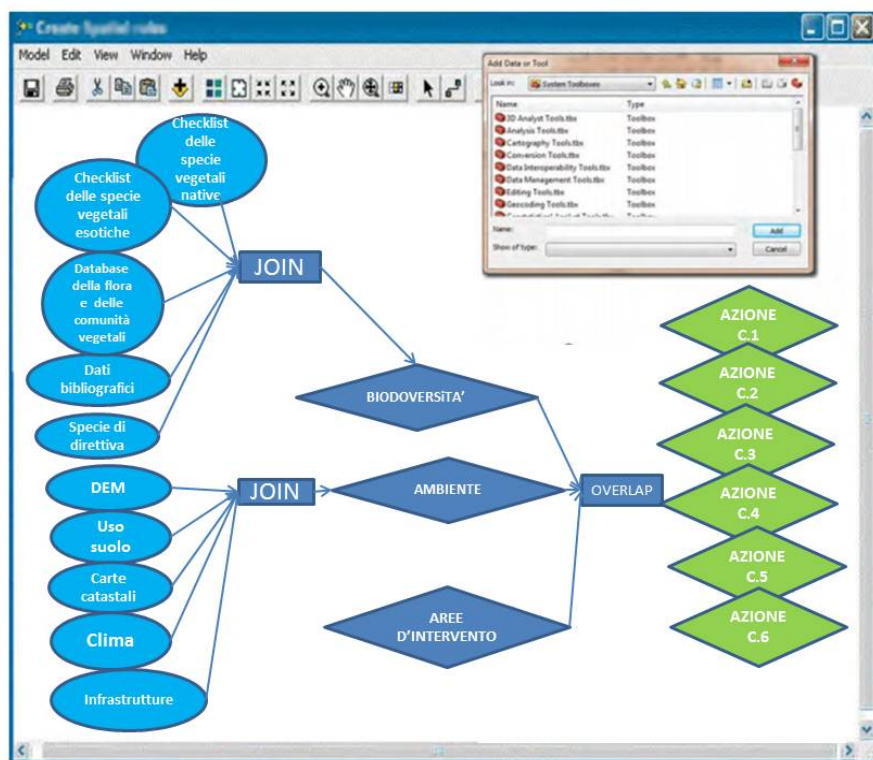


Figura 2. Rappresentazione schematica dei tematismi SIT e del SSD MAESTRALE utilizzando ArcScript (ArcGis10).

Le integrazioni di informazioni cartografiche, di fonti storiche ed un accurato lavoro di campo hanno messo in evidenza l'esistenza di una profonda alterazione dell'ambiente originario della rete Natura 2000 costiera della Regione Molise. Questa alterazione investe la duna, gli ecosistemi di avanduna e quelli di retroduna. Si tratta in particolare dell'impianto di una pineta litoranea troppo fitta nel retroduna (avvenuta negli anni 50) e della messa a dimora di specie esotiche invasive: *Acacia saligna*, *Eucalyptus sp.pl.*, *Cupressus sp.pl.*, *Thuia sp.pl* con funzione di frangivento (Lucchese, 2010) sulla duna fissa ed in parte sull'avanduna. Al fine di descrivere in dettaglio la situazione attuale dal punto di vista floristico-vegetazionale, è stato costituito un database della flora e delle comunità vegetali presenti nelle aree target e sono stati redatti i profili della zonazione della vegetazione attuale. Inoltre, è stato valutato lo stato di conservazione delle aree target prima degli interventi e sono stati individuati i bioindicatori (specie diagnostiche degli habitat dunali, specie esotiche e specie ruderali) da monitorare nel tempo.

La pineta retrodunale di Petacciato marina (habitat 2270\*) è stata cartografata ed appositamente studiata attraverso rilievi floristici georeferenziati e accurate verifiche di campo e risulta costituita principalmente da *Pinus halepensis* e con minor copertura da *Pinus pinea* e *Pinus pinaster*. In tale formazione vegetale sono inoltre presenti diverse specie esotiche come *Acacia saligna*, *Eucalyptus camaldulensis*, *Eucalyptus globulus* e *Cupressus macrocarpa*. Sporadicamente si trovano anche individui di specie di macchia e bosco mediterraneo come il leccio (*Quercus ilex*), soprattutto sotto forma di arbusto. In queste pinete che presentano uno strato arboreo troppo chiuso, il suolo risulta ricoperto principalmente da aghi di pino, e quindi le specie arbustive ed erbacee del sottobosco mediterraneo che caratterizzano e danno una valenza conservazionistica maggiore alle pinete risultano scarse.

Per lo studio della vegetazione della duna fissa (habitat 2260 del *Cisto – Lavanduletalia*) sono stati svolti sia rilievi floristici che cartografia in campo per la perimetrazione dei poligoni di vegetazione invasi da *Acacia saligna*. E' da notare che le specie esotiche, che sono state piantumate nei settori di avanduna e duna fissa, presentano caratteristiche morfo-anatomiche e funzionali diverse delle specie tipiche delle cenosi naturali che hanno permesso a queste ultime una facile e vincente competizione con le specie autoctone, dando luogo ad una massiccia diffusione (Acosta et al. 2005, 2007; Izzi et al., 2007; Stanisci et al. 2010). Le specie aliene invasive hanno alterato la composizione vegetazionale con particolare effetto negativo nei confronti delle specie erbacee ed arbustive autoctone del sottobosco per competizione spaziale. Inoltre, hanno inibito la crescita per "rinnovazione" delle specie arboree autoctone a causa dell'ombreggiamento e della spessa lettiera che ha portato al deperimento delle giovani piantine.

L'analisi integrata delle informazioni cartografiche ed alfanumeriche presenti nel SIT hanno permesso al SSD di individuare le criticità di questi ecosistemi (livelli bassi di biodiversità nel sottobosco della pineta e presenza e distribuzione di specie aliene invasive nelle cenosi arbustive ed erbacee della duna). Inoltre, il DSS ci ha permesso di individuare i tipi di intervento necessari (diradamento selettivo della pineta e di eradicazione delle specie esotiche invasive) ed i settori (poligoni cartografici) dove questi possono essere più efficaci (Figura 2).

In particolare, come riportato in figura 3, gli interventi di diradamento della pineta dovranno essere effettuati in piccoli lembi nelle porzioni più interne del retroduna lontani dai nuclei attuali di *Acacia saligna*. Inoltre, per favorire il recupero della macchia mediterranea verranno piantate nelle radure ecotipi locali di specie arbustive e arboree native. L'intervento, oltre a migliorare la composizione floristica e la struttura spaziale della pineta, avrà delle ricadute positive sulle specie di fauna presente nel sito e che fanno parte dei taxa target del progetto MAESTRALE. Ad esempio, la pineta riqualficata offrirà nuovi siti di foraggiamento e riposo per la popolazione di *Testudo hermanni* e di siti di foraggiamento per la Chiroterofauna.

Dai rilievi floristici effettuati nell'area di transizione tra l'avanduna e la retrostante pineta è emerso che l'area è occupata da vegetazione ruderale con nuclei di arbusti tipici della macchia mediterranea (*Rosmarinus officinalis*, *Pistacia lentiscus*, *Phillyrea angustifolia*, *Rhamnus alaternus*, *Myrtus communis*, *Asparagus acutifolius* e *Olea europea* var *sylvestris*); da vegetazione erbacea con specie da incolto (ad esempio *Geranium purpureum*, *Avena barbata*, *Bromus rigidus*, *Hypochoeris achyrophorus*, *Reseda alba*, *Oryzopsis miliacea*, *Sixalis atropurpurea*, *Conyza canadensis* ecc...) e dalla specie esotica invasiva *Acacia saligna*. Considerando che la vegetazione potenziale di questi ambienti è una macchia mediterranea densa che gradatamente lascia il passo al bosco retrodunale (Frattaroli et al. 2007), la necessità d'intervento risulta evidente. In particolare si procederà con l'eradicazione delle specie alloctone, e con la piantumazione di piantine di ecotipi locali di specie arbustive (*Pistacia lentiscus*, *Cistus Creticus*, *Phyllirea latifolia*, *Halimium haliminifolium*) al fine di ripristinare l'originario habitat 2260 (Dune con vegetazione di sclerofille dei *Cisto-Lavanduletalia*). Tale intervento, che permetterà di ripristinare la zonazione fitotopografica dunale recuperando un area di 2ha (Fig.3), è anche necessario e funzionale alla conservazione del retrostante habitat 2270\* (Dune costiere con *Pinus pinea* e/o *Pinus pinaster*) in quanto permette di ricostituire il mantello naturale che con un effetto barriera protegge e filtra dalla salsedine e dall'azione abrasiva della sabbia

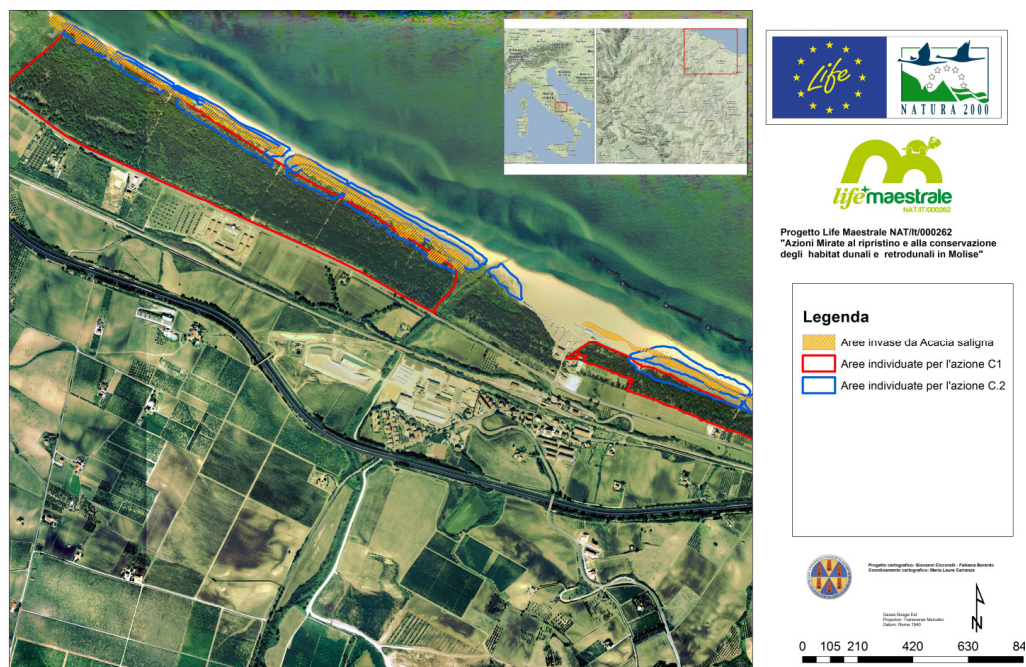


Figura 3. Aree di intervento nell'area di Petacciato marina. In rosso: aree individuate per la riqualificazione della pineta litoranea (Azione C1); in blu: aree individuate per gli interventi di ripristino e protezione dell'avanduna (Azione C2); in giallo: aree invase dalla specie esotica *Acacia saligna*.

## Conclusioni

I SIT e SSD MAESTRALE costituiscono uno strumento dinamico e in continua evoluzione, che accompagnano l'intero iter del progetto. Questi permette di modellizzare le diverse azioni di conservazione facilitando l'identificazione dei possibili punti deboli del progetto, consente di valutare gli effetti delle azioni concrete di conservazione a breve e a lungo termine, facilitando e semplificando una visione d'insieme che consentirà di evidenziare le criticità territoriali presenti, gli eventuali effetti integrati e le sinergie che si producono dalla coazione degli interventi previsti. Inoltre, questi strumenti, consentono di reperire agevolmente il materiale cartografico e le informazioni utili per supportare la divulgazione e la comunicazione dei risultati. Inoltre, grazie allo sviluppo secondo il protocollo europeo INSPIRE, si garantisce l'intercambiabilità dei dati con altri progetti ed aree d'interesse in Italia ed Europa. Infine, il SIT e DSS accogliendo i dati di monitoraggio delle azioni permettono di migliorare la loro implementazione e di migliorare le conoscenze attuali sugli ecosistemi e le criticità ambientali affrontate.

## Bibliografia

- Acosta A., Carranza M.L., Conti F., De Marco G., D'Orazio G., Frattaroli A.R., Izzi C.F., Pirone G. & Stanisci A. (2005), Banca dati della flora costiera psammofila dell'Italia centrale. Inform. Bot. Ital. 37: 110-111
- Acosta A., Carranza M.L., Ciaschetti G., Conti F., Di Martino L., D'Orazio G., Frattaroli A., Izzi C.F., Pirone G., Stanisci A. (2007), Specie vegetali esotiche negli ambienti costieri sabbiosi di alcune regioni dell'Italia Centrale. Webbia 62: 77-84

- Frattaroli A., Acosta A., Ciaschetti G., Di Martino L., Pirone G., Stanisci A. (2007), Indagine sulla qualità ambientale della costa dell'Abruzzo meridionale e del Molise (Adriatico centrale) su base floristico-vegetazionale. *Fitosociologia* 44 (1): 117-127.
- Izzi C.F., Acosta A., Carranza M.L., Conti F., Ciaschetti G., Di Martino L., D'Orazio G., Frattaroli A.R., Pirone G. & Stanisci A. (2007), Il censimento della flora vascolare degli ambienti dunali costieri dell'Italia centrale. *Fitosociologia* 44 (1): 129-137.
- Lucchese F. (2010), Molise. In: Celesti Grapow L., Pretto F., Carli E., Blasi C.: *Flora vascolare alloctona e invasive delle regioni d'Italia*. Casa Editrice Università La Sapienza, Roma.
- Stanisci A., Acosta A., Carranza M.L., Feola S. & Giuliano M. (2007), Gli habitat di interesse comunitario sul litorale molisano e il loro valore naturalistico su base floristica. *Fitosociologia* vol.44 (1):171-175.
- Stanisci A., Acosta A., Di Iorio A., Vergalito M. (2010), Leaf and root trait variability of alien and native species along Adriatic coastal dunes (Italy). *Plant Biosystems* 144: 47-52.